

TUGAS AKHIR - MN141581

**ANALISIS PENGARUH *PREHEAT* ATAU PEMANASAN
AWAL TERHADAP HASIL PENGELASAN ULANG
ALUMINIUM 5083 DITINJAU DARI SIFAT MEKANIK DAN
METALURGI PADA LAMBUNG KAPAL**

PRASETYO WIBOWO
NRP. 4111 100 084

Wing Hendroprasetyo Akbar Putra, S.T., M.Eng.

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015

FINAL PROJECT - MN141581

**ANALYSIS OF PREHEAT EFFECT TO RESULT OF
ALUMINIUM 5083 REWELD REVIEWED FROM
MECHANICAL PROPERTIES AND METALLURGY ON HULL**

PRASETYO WIBOWO
NRP. 4111 100 084

Wing Hendroprasetyo Akbar Putra, S.T., M.Eng.

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2015

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGARUH *PREHEAT* ATAU PEMANASAN AWAL TERHADAP HASIL PENGELASAN ULANG ALUMINIUM 5083 DITINJAU DARI SIFAT MEKANIK DAN METALURGI PADA LAMBUNG KAPAL

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Konstruksi Kapal
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

PRASETYO WIBOWO
NRP. 4111 100 084

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing



Wing Hendroprasetyo Akbar Putra, S.T., M.Eng.
NIP. 19700615 199512 1 001

SURABAYA, 9 Juli 2015

LEMBAR REVISI

ANALISIS PENGARUH *PREHEAT* ATAU PEMANASAN AWAL TERHADAP HASIL PENGELASAN ULANG ALUMINIUM 5083 DITINJAU DARI SIFAT MEKANIK DAN METALURGI PADA LAMBUNG KAPAL

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 2 Juli 2015

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Konstruksi Kapal
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

PRASETYO WIBOWO
NRP. 4111 100 084

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. M. Nurul Misbah, S.T., M.T.
2. Septia Hardy Sujiatanti, S.T., M.T.
3. Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Wing Hendroprasetyo Akbar Putra, S.T., M.Eng



SURABAYA, 8 JULI 2015

ANALISIS PENGARUH *PREHEAT* ATAU PEMANASAN AWAL TERHADAP HASIL PENGELASAN ULANG ALUMINIUM 5083 DITINJAU DARI SIFAT MEKANIK DAN METALURGI PADA LAMBUNG KAPAL

Nama Mahasiswa : Prasetyo Wibowo
NRP : 4111 100 084
Jurusan / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Wing Hendropasetyo Akbar Putra, S.T., M.Eng.

ABSTRAK

Aluminium dan paduan aluminium termasuk logam ringan yang memiliki kekuatan tinggi, tahan terhadap karat, konduktor listrik yang cukup baik dan juga lebih ringan dari besi atau baja. *Preheat* merupakan metode perlakuan panas yang dilakukan dalam pengelasan. Tujuan utama dari *preheat* adalah untuk mengurangi perbedaan temperatur pada daerah pengelasan. Pengelasan ulang dapat terjadi pada material yang mengalami *replating* akibat kesalahan dalam pekerjaan di lapangan. Pengelasan ulang akan mengakibatkan perubahan terhadap sifat-sifat mekanik dan struktur mikronya.

Dalam tugas akhir ini dilakukan pengelasan ulang sebanyak 3 kali dengan perlakuan *preheat*. Suhu *preheat* sebesar 80°C dan suhu *interpass* sebesar 150°C. Proses pengelasan yang digunakan untuk pengelasan aluminium adalah *gas metal arc welding* (GMAW) atau yang lebih dikenal dengan las MIG. Kemudian dilakukan pengujian yang mencakup: uji tarik, uji kekerasan, dan uji struktur mikro.

Dari hasil pengujian dapat diketahui nilai kuat tarik tertinggi sebesar 243.86 N/mm² pada 1 kali pengelasan (*no repair*) dan nilai kuat tarik terendah sebesar 161.24 N/mm² pada 4 kali pengelasan (3 x *repair*). Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah *base metal* dengan spesimen 1 kali pengelasan (*no repair*) sebesar 112.3 HV dan nilai kekerasan terendah terdapat pada daerah *weld metal* dengan spesimen 4 kali pengelasan (3 x *repair*) sebesar 65.5 HV. Dari hasil uji metalografi dapat diamati bahwa semakin banyak jumlah *repair* yang diterima maka jumlah partikel Mg₂Si pada daerah HAZ akan semakin besar dan menggumpal, sedangkan jumlah partikel Mg₂Al₃ pada daerah *weld metal* mengalami penurunan.

Kata kunci: Aluminium 5083, jumlah *repair*, *preheat*, kuat tarik, metalografi, kekerasan.

ANALYSIS OF PREHEAT EFFECT TO RESULT OF ALUMINIUM 5083 REWELD REVIEWED FROM MECHANICAL PROPERTIES AND METALLURGY ON HULL

Author : Prasetyo Wibowo
ID No. : 4111 100 084
Dept. / Faculty : Naval Architecture & Shipbuilding Engineering /
Marine Technology
Supervisors : Wing Hendroprasetyo Akbar Putra, S.T., M.Eng.

ABSTRACT

Aluminium and aluminium alloy is a lightweight metal that has high strength, resistant to corrosion, electrical conductor that are quite good and also lighter than iron or steel. Preheat is a method of heat treatment carried out on welding. The main purpose of the preheat is to reduce difference of temperature on welding zone. Reweld process could be occurred on the material which had been replating because of the fault on the work in the field. Reweld process will changes the mechanical properties and microstructure of the material.

This final project is conducted with reweld process until three times with preheating. Temperature of preheat is 80°C and temperatur of interpass is 150°C. Welding process for aluminium is gas metal arc welding (GMAW) or known as MIG welding. Testing includes: tensile test, hardness test, and microstructure test.

Test results showed that the highest value of tensile strength was 243.86 N/mm² on welding until one times (no repair) and the lowest value of tensile strength was 161.24 N/mm² on welding until four times (3 x repair). The highest value of hardness was located on base metal zone which the specimen have a weld until one times (no repair) was 112.3 HV and the lowest value of hardness is located on weld metal zone which the specimen have a weld until four times (3 x repair) was 65.5 HV. From metallography test can be observed that the higher number of repairing process in material so that the bigger Mg₂Si particle in HAZ zone will be clumped, while Mg₂Al₃ particles in weld metal zone are getting decreased.

Keywords: Aluminium 5083, number of repair, preheat, tensile strength, metallography, hardness.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbilalamin. Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **ANALISIS PENGARUH *PREHEAT* ATAU PEMANASAN AWAL TERHADAP HASIL PENGELASAN ULANG ALUMINIUM 5083 DITINJAU DARI SIFAT MEKANIK DAN METALURGI PADA LAMBUNG KAPAL** dengan baik. Tidak lupa juga salawat dan salam penulis curahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita menuju alam yang penuh ilmu pengetahuan. Ucapan terima kasih sedalam-dalamnya penulis ucapkan kepada,

1. Mama dan papa, sosok orang tua hebat yang sangat kuat, sabar, dan selalu menginspirasi penulis.
2. Wing Hendropasetyo Akbar Putra, S.T., M.Eng. , dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis serta memberikan ilmu, arahan dan masukan selama pengerjaan tugas akhir ini.
3. Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc, Ph.D., dosen wali yang sudah membimbing penulis selama delapan semester.
4. Bapak Imam Khoirofik, S.T., atas bimbingan, ilmu, petunjuk, kesabaran dan waktunya untuk berbagi kepada penulis, sehingga penulis menemukan jalan terang dalam mengerjakan tugas akhir ini.
5. Bapak Yanto dan pak Pardi atas segala saran yang diberikan dan waktu untuk berkonsultasi tentang tugas akhir ini.
6. Pak Fairil, mas Agil, dan pak Didik atas bantuan tenaga, waktu, dan kesabarannya dalam proses pengerjaan tugas akhir ini di lab. Konstruksi dan Kekeuatan ITS.
7. Saudara-saudari P-51 (CENTERLINE) dan segenap keluarga besar warga Teknik Perkapalan.
8. PT. PAL Indonesia atas bantuannya dalam menyediakan bahan pada tugas akhir ini.
9. Galangan Bintang Timur Samudra atas bantuannya dalam proses pengelasan pada material tugas akhir ini.

10. Dan semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam proses penyelesaian sehingga dapat dikatakan jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini. Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada khususnya dan bagi semua pihak pada umumnya.

Penulis

Surabaya, Juni 2015

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
HALAMAN PERUNTUKAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan	2
1.5. Manfaat	3
1.6. Hipotesis.....	3
1.7. Metodologi	3
1.7.1. Studi Literatur	3
1.7.2. Penyiapan Spesimen.....	3
1.7.3. Proses <i>Preheat</i>	5
1.7.4. Proses Pengelasan	5
1.7.5. Proses pengujian.....	6
1.7.6. Analisa data.....	6
1.7.7. Kesimpulan	6
1.8. Sistematika Penulisan	9
BAB II DASAR TEORI.....	11
2.1. Tinjauan Pustaka.....	11
2.2. Teori Dasar Pengelasan.....	12
2.3. Aluminium	12
2.3.1. Paduan Aluminium.....	13
2.3.2. Paduan Aluminium seri 5xxx.....	14
2.3.3. Karakteristik Aluminium seri 5083	14

2.3.4. Pengelasan Aluminium.....	16
2.4. <i>Preheat</i> Atau Pemanasan Awal	17
2.5. Gas Metal Arc Welding	18
2.6. Sifat-Sifat Mekanik.....	19
2.7. Pengujian Metalografi.....	20
2.8. Pengujian Kekerasan.....	21
2.9. Pengujian Tarik	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1. Bahan Penelitian	25
3.2. Peralatan Penelitian.....	25
3.2.1. Peralatan Penyiapan Material	25
3.2.2. Peralatan Proses Pengelasan	26
3.2.3. Peralatan Untuk Pembuatan Spesimen Uji	26
3.2.4. Peralatan Proses Pengujian	26
3.3. Proses Pengelasan.....	27
3.3.1. Pelaksanaan Pengelasan.....	28
3.3.2. Aplikasi <i>Preheat</i> atau Pemanasan Awal.....	31
3.4. Prosedur Penelitian	32
3.4.1. Pemotongan Material.....	33
3.4.2. Spesimen Metalografi (Foto Mikro) dan <i>Hardness Vickers</i>	33
3.4.3. Spesimen Uji Tarik.....	34
3.4.4. Pengujian Metalografi (Makro).....	35
3.4.5. Pengujian Metalografi (Mikro)	36
3.4.6. Pengujian <i>Hardness Vickers</i>	37
3.4.7. Pengujian Tarik	37
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1. Analisa Hasil Pengujian Tarik.....	39
4.2. Analisa Hasil Pengujian Kekerasan.....	42
4.3. Analisa Hasil Pengujian Struktur Mikro	45
4.4. Analisa Hasil Keseluruhan Pengujian.....	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	58
5.1. Kesimpulan.....	58
5.2. Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kandungan Aluminium 5083	14
Tabel 2.2. <i>Physical Properties</i> Aluminium 5083	15
Tabel 2.3. <i>Mechanical Properties</i> Aluminium 5083	15
Tabel 2.4. <i>Electrical Properties</i> Aluminium 5083	15
Tabel 2.5. <i>Thermal Properties</i> Aluminium 5083	16
Tabel 2.6. <i>Processing Properties</i> Aluminium 5083	16
Tabel 3.1. Parameter pengelasan <i>Gas Metal Arc Welding</i> (GMAW).....	27
Tabel 4.1. Data Hasil Pengujian Tarik	39
Tabel 4.2. Data Hasil Pengujian Kekerasan	42
Tabel 4.3. Rekapitulasi Persentase Partikel.....	54
Tabel 4.4. Rekapitulasi Seluruh Hasil Pengujian	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Test Coupon Yang Akan Dilas	4
Gambar 1.2. Bentuk Spesimen Untuk Pengelasan GMAW	4
Gambar 1.3. Daerah Pengukuran Temperatur Pada Proses <i>Preheat</i>	5
Gambar 1.4. Jumlah Layer Pada Pengelasan Ulang	6
Gambar 2.1. Struktur Mikro Al Mg	14
Gambar 2.2. <i>Oxyacetylene Gas</i>	18
Gambar 2.3. Skema Pengelasan GMAW	19
Gambar 2.4. Bentuk Indentor <i>Vickers</i>	21
Gambar 2.5. Pengujian <i>Hardness Vickers</i>	22
Gambar 2.6. Gambaran Singkat Hasil Pengujian Tarik.....	23
Gambar 2.7. Kurva Tegangan-Regangan.....	24
Gambar 2.8. Contoh Spesimen Uji Tarik Menurut AWS D.1.2.....	24
Gambar 3.1. Material Aluminium 5083	25
Gambar 3.2. Pembagian Test Coupon Setiap Pengelasan Ulang	28
Gambar 3.3. Pemasangan <i>Stopper</i>	29
Gambar 3.4. Jumlah Layer Yang Terbentuk	30
Gambar 3.5. Proses Pengelasan Test Coupon 1	30
Gambar 3.6. Pengukuran Temperatur Pada Proses <i>Preheat</i>	31
Gambar 3.7. Proses Pengukuran Temperatur Pemanasan Awal	31
Gambar 3.8. Contoh Pengambilan Spesimen Pada Test Coupon Menurut BKI 2009	32
Gambar 3.9. Proses Pemotongan Material.	33
Gambar 3.10. Spesimen Pengujian Foto Mikro dan Pengujian <i>Hardness Vickers</i>	34
Gambar 3.11. Spesimen Uji Tarik Menurut AWS D.1.2	35
Gambar 3.12. Spesimen Uji Tarik	35
Gambar 3.13. Pengambilan Foto Makro	36
Gambar 3.14. Lokasi Penandaan Pada Pengujian Kekerasan Menurut BKI 2009.....	37

Gambar 4.1. Grafik Hasil Pengujian Tarik	41
Gambar 4.2. Grafik Hasil Pengujian Kekerasan.....	44
Gambar 4.3. Foto Struktur Mikro Daerah HAZ	45
Gambar 4.4. Foto Mikro Daerah HAZ, Keller's, Reagent, Perbesaran 100x	46
Gambar 4.5. Foto Mikro Daerah HAZ, Keller's, Reagent, Perbesaran 400x	46
Gambar 4.6. Foto Mikro Daerah Weld Metal, Keller's, Reagent, Perbesaran 100x	47
Gambar 4.7. Foto Mikro Daerah Weld Metal, Keller's, Reagent, Perbesaran 400x	47
Gambar 4.8. Foto Mikro Daerah HAZ, Keller's, Reagent, Perbesaran 100x	48
Gambar 4.9. Foto Mikro Daerah HAZ, Keller's, Reagent, Perbesaran 400x	48
Gambar 4.10. Foto Mikro Daerah Weld Metal, Keller's, Reagent, Perbesaran 100x	49
Gambar 4.11. Foto Mikro Daerah Weld Metal, Keller's, Reagent, Perbesaran 400x	49
Gambar 4.12. Foto Mikro Daerah HAZ, Keller's, Reagent, Perbesaran 100x	50
Gambar 4.13. Foto Mikro Daerah HAZ, Keller's, Reagent, Perbesaran 400x	50
Gambar 4.14. Foto Mikro Daerah Weld Metal, Keller's, Reagent, Perbesaran 100x	51
Gambar 4.15. Foto Mikro Daerah Weld Metal, Keller's, Reagent, Perbesaran 400x	51
Gambar 4.16. Foto Mikro Daerah HAZ, Keller's, Reagent, Perbesaran 100x	52
Gambar 4.17. Foto Mikro Daerah HAZ, Keller's, Reagent, Perbesaran 400x	52
Gambar 4.18. Foto Mikro Daerah Weld Metal, Keller's, Reagent, Perbesaran 100x	53
Gambar 4.19. Foto Mikro Daerah Weld Metal, Keller's, Reagent, Perbesaran 400x	53
Gambar 4.20. Grafik Komposisi Partikel Pada Daerah HAZ	54
Gambar 4.21. Grafik Komposisi Partikel Pada Daerah Weld Metal	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Di zaman seperti sekarang ini, dunia perindustrian mulai mempertimbangkan material aluminium sebagai bahan utama dalam proses produksi. Hal ini terkait aluminium dan paduan aluminium termasuk logam ringan yang memiliki kekuatan tinggi, tahan terhadap karat, dan konduktor listrik yang baik. Diantara kelebihan tersebut, aluminium memiliki beberapa kekurangan seperti mudah teroksidasi dan membentuk oksida aluminium Al_2O_3 yang memiliki titik cair tinggi sehingga peleburan logam dasar dan logam las menjadi sulit.

Aluminium memiliki beberapa macam paduan yang dapat di *heat treatable* dan *non heat treatable*. Aluminium 5083 merupakan salah satu paduan aluminium yang tergolong *non heat treatable* sehingga sangat jarang dilakukan pemanasan awal ketika akan dilakukan pengelasan. *Preheat* pada aluminium 5083 masih dapat diizinkan pada *range* temperatur tertentu. Salah satu tujuan dari *preheat* yaitu untuk mengurangi perbedaan temperatur pada daerah pengelasan. Panas pengelasan pada paduan aluminium akan menyebabkan terjadinya pencairan sebagian, rekristalisasi, pelarutan padat atau pengendapan. Karena terjadi perubahan struktur pada material, maka akan terjadi penurunan kekuatan dan ketahanan korosi yang dapat menyebabkan daerah las menjadi getas.

Teknologi pengelasan merupakan salah satu teknik yang banyak digunakan dalam proses penyambungan material dan konstruksi baja serta penyambungan material aluminium. Proses pengelasan biasanya akan terjadi deformasi, retak, ataupun cacat-cacat lain yang mengakibatkan adanya perbaikan ataupun pengelasan ulang. Deformasi yang terjadi setelah proses pengelasan, retak las, dan cacat yang lain mengakibatkan berubahnya susunan metalurgi material aluminium dan hal tersebut mengakibatkan berkurangnya kekuatan material.

Proses pengelasan ulang atau *reweld* dapat terjadi pada material yang mengalami pekerjaan *replating* akibat kesalahan dalam pekerjaan di lapangan. Untuk mengurangi terjadinya perbedaan temperatur daerah las pada proses pengelasan, maka dilakukan pemanasan awal pada material aluminium 5083 yang tergolong paduan aluminium *non heat treatable*. Berdasarkan permasalahan yang ada, maka tugas akhir ini dilakukan untuk menganalisa pengaruh *preheat*

atau pemanasan awal terhadap hasil pengelasan ulang aluminium 5083 ditinjau dari sifat mekanik dan metalurgi pada lambung kapal.

1.2. Perumusan Masalah

Sehubungan dengan latar belakang tersebut di atas permasalahan yang akan dikaji dalam tugas akhir ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh *preheat* atau pemanasan awal aluminium 5083 terhadap hasil pengelasan ulang ?
2. Bagaimana kondisi struktur mikro aluminium 5083 setelah dilakukan pengelasan ulang ?
3. Bagaimana pengaruh *preheat* terhadap sifat kekerasan material aluminium 5083 setelah dilakukan pengelasan ulang ?

1.3. Batasan Masalah

Untuk menyederhanakan masalah maka dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Material yang digunakan adalah aluminium 5083 dengan bentuk sambungan *butt joint* (*single v*).
2. Ukuran material 1200x300x10 mm.
3. *Elektrode* yang digunakan pada pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) adalah ER 5356 dengan diameter 1.2 mm.
4. Prosedur pengelasannya berdasarkan WPS yang ada.
5. Pengelasan ulang dilakukan sebanyak 3 kali.
6. Pengujian struktur mikro dilakukan dengan uji metalografi.
7. Pengujian kekerasan permukaan dilakukan dengan metode *hardness vickers*.
8. Pengujian tarik dilakukan dengan uji tarik.

1.4. Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh *preheat* atau pemanasan awal aluminium 5083 terhadap hasil pengelasan ulang.
2. Mengetahui kondisi struktur mikro pada aluminium 5083 setelah dilakukan proses pengelasan ulang.

3. Mengetahui karakteristik kekerasan aluminium 5083 akibat pengelasan ulang.

1.5. Manfaat

Manfaat yang akan diperoleh dari tugas akhir ini adalah sebagai bahan referensi dalam proses *replating* kapal khususnya yang berbahan aluminium 5083.

1.6. Hipotesis

Hipotesa awal dari tugas akhir ini adalah *preheat* atau pemanasan awal akan berpengaruh baik pada kuat tarik dan kekerasan material karena perbedaan temperatur material saat akan dilakukan pengelasan tidak terlalu signifikan.

1.7. Metodologi

Metode dan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1.7.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari literatur-literatur yang sesuai, sehingga dapat mempermudah dalam proses penelitian dan analisa data penelitian.

1.7.2. Penyiapan Spesimen

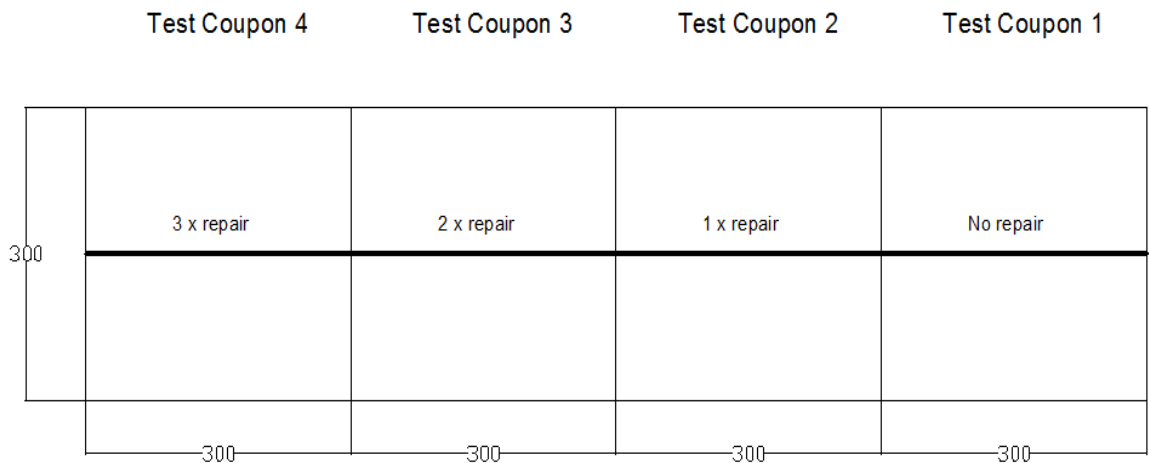
Hal terpenting dalam penyiapan specimen meliputi:

- **Material**

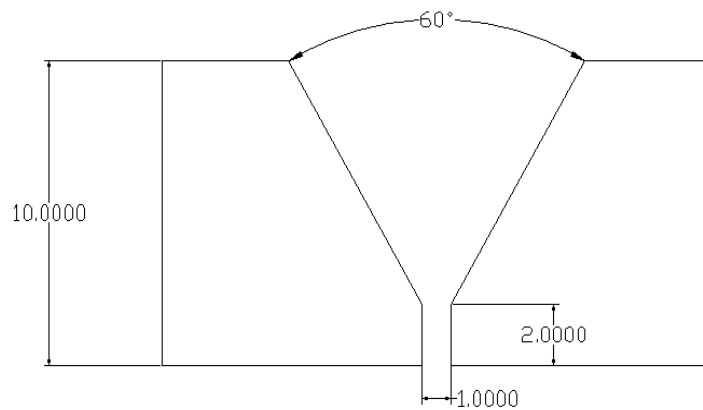
Material yang dipersiapkan berupa aluminium seri 5083 dengan ukuran 1200x300x10 mm.

- **Test Coupon**

Jumlah *test coupon* pada penelitian ini sebanyak 4 buah *test coupon*. Masing-masing *test coupon* akan dilakukan pengujian mikro, pengujian kekerasan, dan pengujian tarik.



Gambar 1.1. Test Coupon Yang Akan Dilas.



Gambar 1.2. Bentuk Spesimen Untuk Pengelasan GMAW.

- *Test Piece*

Jumlah *test piece* yang digunakan berjumlah 12 buah. Pengujian yang dilakukan diantaranya:

- Pengujian mikro (4 *test piece*)
- Pengujian *hardness vickers* (4 *test piece*)
- Pengujian tarik (8 *test piece*)

- Peralatan

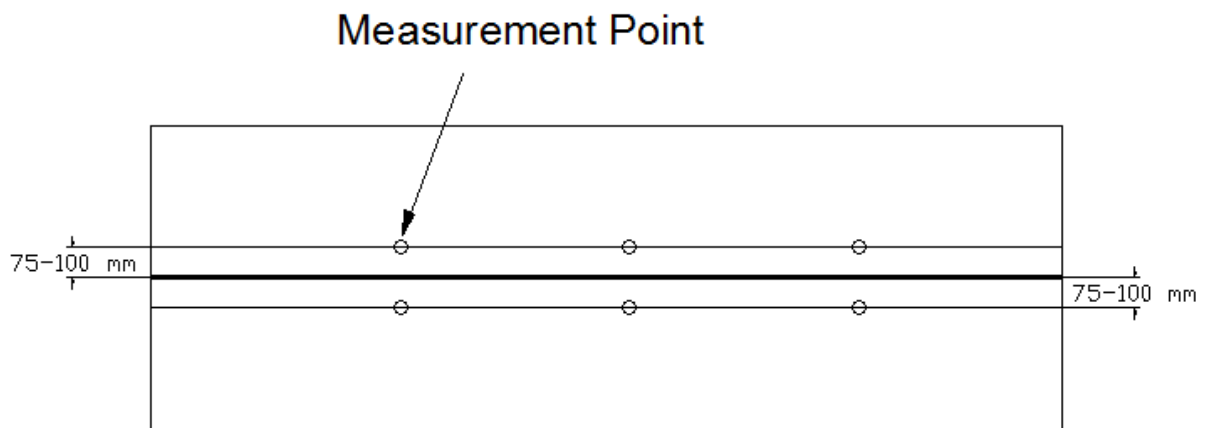
Peralatan yang dipersiapkan meliputi gergaji, gerinda, kertas gosok, mesin poles, kikir, dll.

- **Penyiapan Pengelasan**

Membersihkan permukaan logam induk dari lapisan oksida dengan cara pembersihan mekanik. Prosedurnya adalah spesimen disikat dengan sikat baja yang bersih sesaat sebelum dilas.

1.7.3. Proses *Preheat*

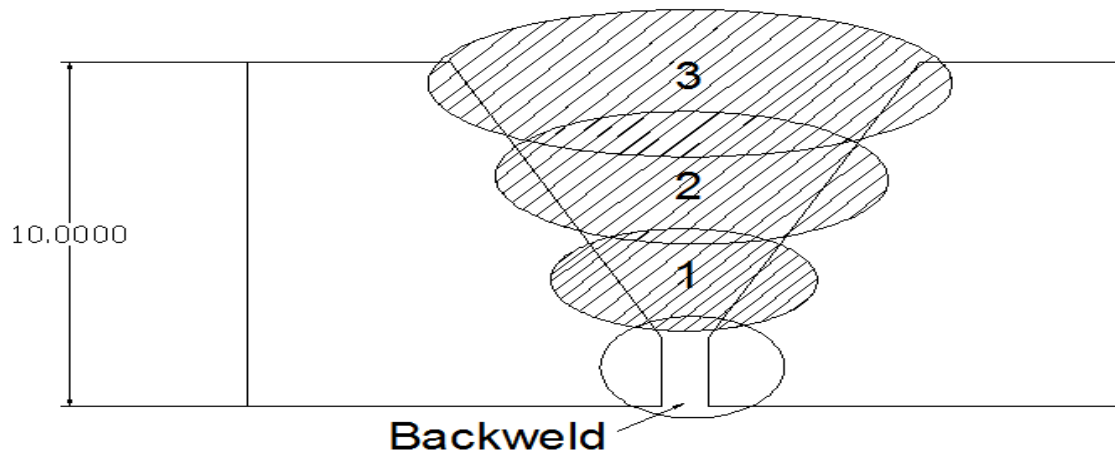
Proses *preheat* atau pemanasan awal dilakukan menggunakan *oxyacetylene gas welding*. Temperatur yang digunakan pada *preheat* sebesar 80 °C dan temperatur *interpass* sebesar 150 °C. Metode *blender* yang digunakan pada *preheat* menggunakan *oxyacetylene gas welding*. Metode *blender* yaitu metode *preheat* dengan cara menahan *torch* dari kejauhan agar sumber panas tidak terlalu dekat dengan material sehingga temperatur suhu dapat terjaga.



Gambar 1.3. Daerah Pengukuran Temperatur Pada Proses *Preheat*.

1.7.4. Proses Pengelasan

Setiap pengelasan ulang dilakukan proses pemanasan awal. Pada pengelasan ulang pertama, layer bagian atas digerinda kemudian dilas lagi. Pada pengelasan ulang kedua, layer bagian tengah digerinda kemudian dilas lagi sebanyak 2 kali. Pada pengelasan ulang ketiga, layer bagian bawah digerinda kemudian dilas kembali sebanyak 3 kali.



Gambar 1.4. Jumlah Layer Pada Pengelasan Ulang.

1.7.5. Proses pengujian

Setelah dilakukan proses pengelasan, maka material akan dilakukan pengujian sebagai berikut:

- Pengujian Metalografi (4 *test piece*)
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan yang terjadi pada struktur mikro spesimen uji dari setiap pengelasan ulang. Setiap spesimen uji yang diamati adalah *weld metal* dan HAZ.
- Pengujian Kekerasan (4 *test piece*)
Spesimen yang dibuat terdiri dari *base metal*, *weld metal*, dan HAZ. Kemudian spesimen yang telah dibuat dilakukan pengujian untuk setiap pengelasan ulang. Jumlah titik pada pengujian ini sebanyak 36 titik dengan lokasi *indentor* terletak pada bagian *base metal*, *weld metal*, dan HAZ.
- Pengujian Tarik (8 *test piece*)
Spesimen yang dibuat dari setiap pengelasan ulang akan dilakukan pengujian tarik untuk mengetahui kuat tarik setiap pengelasan.

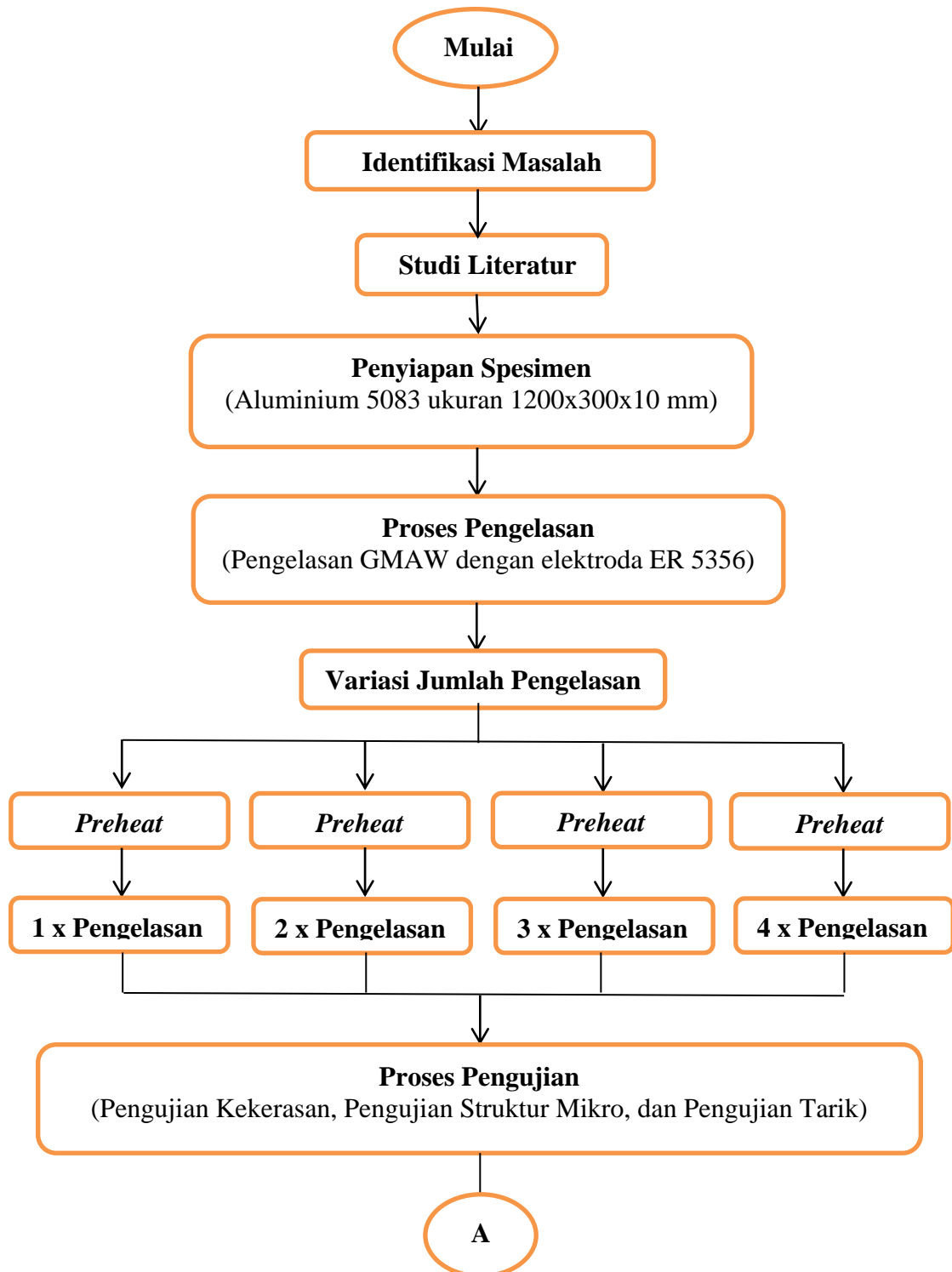
1.7.6. Analisa data

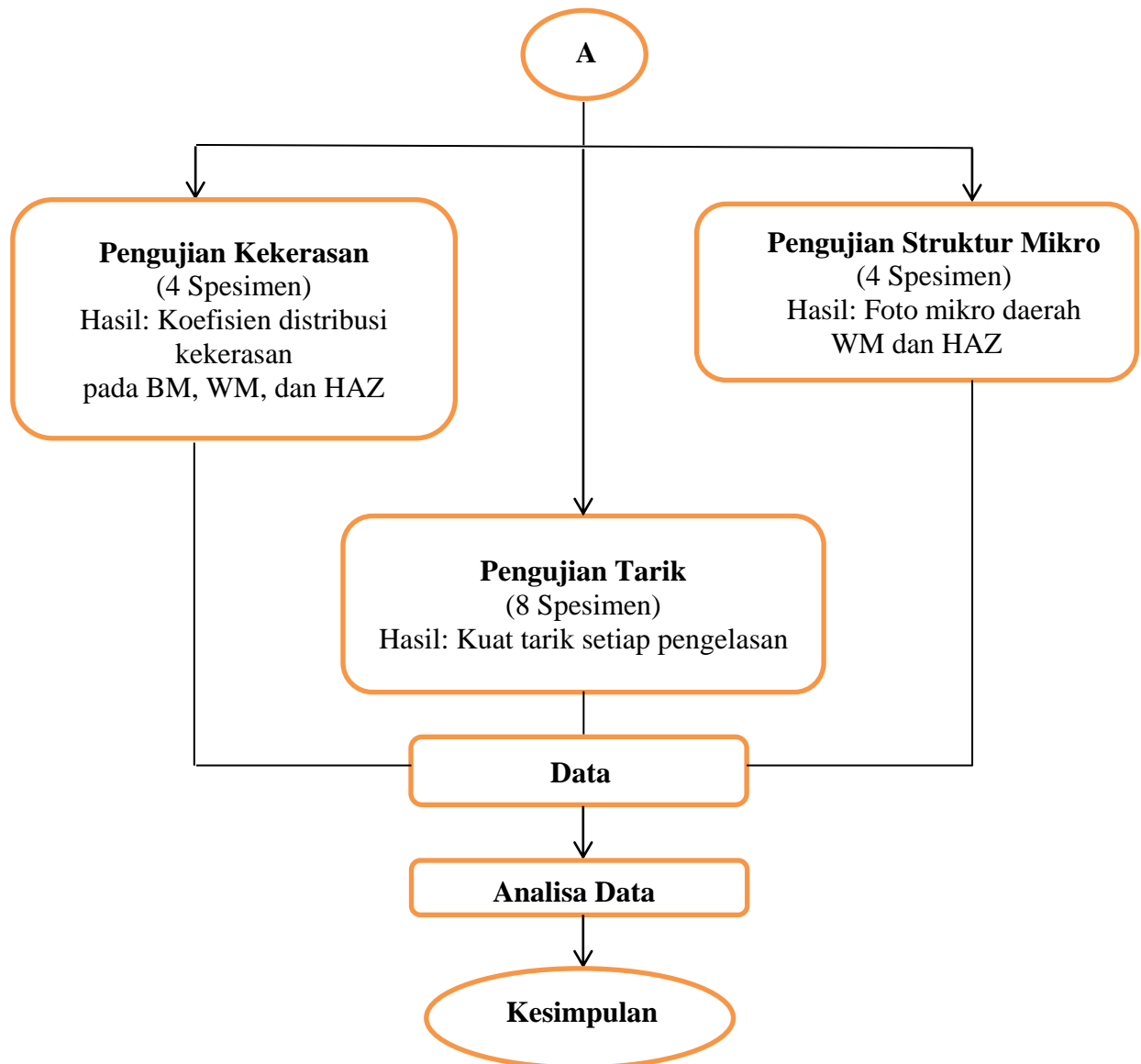
Hasil dari setiap pengujian akan dilakukan analisa dan pembahasan sesuai data yang diperoleh.

1.7.7. Kesimpulan

Mengambil kesimpulan dari hasil analisa yang telah dilakukan.

Metode dan langkah-langkah diatas dapat ditampilkan dalam bentuk diagram. Berikut ini diagram dari metode dan langkah-langkah diatas:





1.8. Sistematika Penulisan

Untuk memperoleh hasil laporan tugas akhir yang sistematis dan tidak keluar dari pokok permasalahan maka dibuat sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan, dan manfaat penulisan tugas akhir.

- I.1. Latar Belakang Masalah
- I.2. Perumusan Masalah
- I.3. Batasan Masalah
- I.4. Tujuan Penelitian
- I.5. Manfaat Penelitian
- I.6. Hipotesis
- I.7. Metodologi
- I.8. Sistematika Penulisan

BAB II DASAR TEORI

Berisikan teori penunjang yang memberikan penjelasan mengenai teori yang digunakan dalam penelitian.

- II.1. Tinjauan Pustaka
- II.2. Teori Dasar Pengelasan
- II.3. Aluminium
- II.4. *Preheat* atau Pemanasan Awal
- II.5. *Gas Metal Arc Welding* (GMAW)
- II.6. Sifat - Sifat Mekanik
- II.7. Pengujian Metalografi
- II.8. Pengujian Kekerasan
- II.9. Pengujian Tarik

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dibahas tentang kegiatan yang dilakukan selama proses penelitian.

- III.1. Bahan Penelitian
- III.2. Peralatan Penelitian
- III.3. Proses Pengelasan
- III.4. Prosedur Penelitian

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi analisa dan pembahasan terhadap hasil pengujian yang telah dilakukan.

- IV.1. Pengujian Tarik
- IV.2. Pengujian Kekerasan
- IV.3. Pengujian Struktur Mikro
- IV.4. Analisa Hasil Keseluruhan Pengujian

BAB V KESIMPULAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dari tugas akhir dan saran untuk kemajuan penelitian selanjutnya.

- V.1. Kesimpulan
- V.2. Saran

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka ini diperlukan sebagai acuan dari pengalaman yang sudah dikerjakan oleh peneliti sebelumnya. Selain itu, studi literatur ini bertujuan untuk mendapatkan informasi atau data yang berlaku serta variabel maupun konstanta yang diperlukan. Literatur yang menjadi acuan dalam pengerjaan tugas akhir ini yaitu:

1. Menurut [Prasetyo, 2010] yang melakukan penelitian dengan judul “*Studi Variasi Pengelasan Ulang Terhadap Cacat Las Dan Kekerasan Material Aluminium 5083*”, proses pengelasan ulang atau *repair* dapat terjadi pada material yang mengalami pekerjaan *replating* dan pekerjaan ulang akibat kesalahan dalam melakukan pengelasan di lapangan. Pengelasan ulang akan merubah sifat mekanik dan metalurgi pada material. Pada penelitian tersebut dijelaskan bahwa karena semakin banyaknya jumlah masukan panas pada material akibat pengelasan, maka pengelasan ulang akan memberikan pengaruh buruk pada aluminium 5083 terhadap sifat metalurginya yaitu material menjadi getas atau *brittle*.
2. Menurut [Wulandari, 2008] yang melakukan penelitian dengan judul “*Analisa Pengaruh Pengelasan Ulang Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Pada Aluminium 5083*”, hasil pengelasan ulang mempunyai jumlah *porosity* diluar batas aman (*rejected*). Hal tersebut disebabkan kurang bersihnya pembersihan sebelum dilakukan pengelasan ulang. Dari hasil pengujian metalografi dapat diamati bahwa semakin banyak jumlah *repair* yang diterima, maka jumlah partikel Mg_2Si akan semakin besar dan menggumpal, sedangkan jumlah partikel Mg_2Al_3 mengalami penurunan. Dari hasil pengujian tarik tampak bahwa semakin banyak jumlah *repair* yang diterima oleh material semakin turun kekuatan tarik dari material tersebut. Nilai kuat tarik tersebut berbanding lurus dengan nilai ketangguhan dari logam las. Dimana semakin naik nilai *heat input* maka ketangguhan dan kuat tarik semakin turun.
3. Menurut [Abdillah, 2008] yang melakukan penelitian dengan judul “*Analisa Pengaruh Pengelasan Ulang Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Pada Baja Tahan Karat Austenitic AISI 304*”, sifat ketahanan korosi pada material baja tahan

karat *austenitic* AISI 304 dapat berkurang disebabkan proses pengelasan ulang. Dari hasil pengujian kekerasan diketahui bahwa angka kekerasan semakin meningkat setelah material mengalami proses pengelasan ulang yang dilakukan baik daerah *base metal*, HAZ, maupun *weld metal*. Peningkatan angka kekerasan terbesar terjadi pada daerah HAZ, karena daerah HAZ mengalami dampak panas yang paling besar. Dari hasil pengujian *fracture toughness* proses pengelasan ulang menyebabkan nilai ketangguhan baja tahan karat *austenitic* AISI 304 menurun. Semakin tinggi nilai kekerasan akan semakin rendah nilai ketangguhan suatu material. Dari hasil foto mikro di daerah perbatasan *weld metal* dengan HAZ proses pengelasan ulang menyebabkan presipitasi karbida yang terjadi pada batas butir semakin banyak. Presipitasi karbida ini terbentuk dari karbida krom yang terjadi pada batas butir. Karena adanya hal ini maka unsur krom akan termakan/menjadi habis, sehingga mengurangi sifat tahan korosinya. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa setelah material mengalami proses pengelasan ulang sampai dengan 4 kali pengelasan maka nilai kekerasan material akan meningkat dan ketangguhannya menurun atau dengan kata lain material menjadi keras dan *brittle*.

2.2. Teori Dasar Pengelasan

Proses pengelasan adalah proses penyambungan logam atau non logam yang dilakukan dengan memanaskan material yang akan disambung hingga temperatur las yang dilakukan secara: dengan atau tanpa menggunakan tekanan (*pressure*), atau dengan atau tanpa menggunakan logam pengisi (*filler*). [<http://www.api-iws.org>]

Metode penyambungan logam dengan cara tarik-menarik antar atom dinamakan pengelasan. Logam yang dilas umumnya lebih kuat dari pada logam induk, tetapi daya tempangnya rendah. [Sunaryo, 2008]

2.3. Aluminium

Aluminium merupakan unsur *non ferrous* yang merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik, hantaran listrik dan panas yang baik, mudah dibentuk baik melalui proses pembentukan maupun permesinan, dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Aluminium (Al) memiliki unsur paling banyak ketiga setelah

oksigen dan silikon. Dalam tabel periode unsur, aluminium terletak pada tabel periode ketiga dengan nomor angka atom 13 dengan massa jenis 2.7 kgdm^{-3} , sekitar sepertiga dari baja. [Aluminium.matter.org.uk]

2.3.1. Paduan Aluminium

Dalam keadaan murni aluminium terlalu lunak sehingga kekakuannya sangat rendah. Untuk dapat dipergunakan pada berbagai keperluan teknik pemaduan sifat ini dapat diperbaiki, tetapi sering kali sifat tahan korosi dan keuletannya berkurang. Sedikit mangan, silikon, atau magnesium masih tidak banyak mengurangi sifat tahan korosi. Sedangkan seng, besi, timah putih, dan tembaga cukup drastis menurunkan sifat tahan korosinya.

Paduan aluminium dapat digolongkan menjadi:

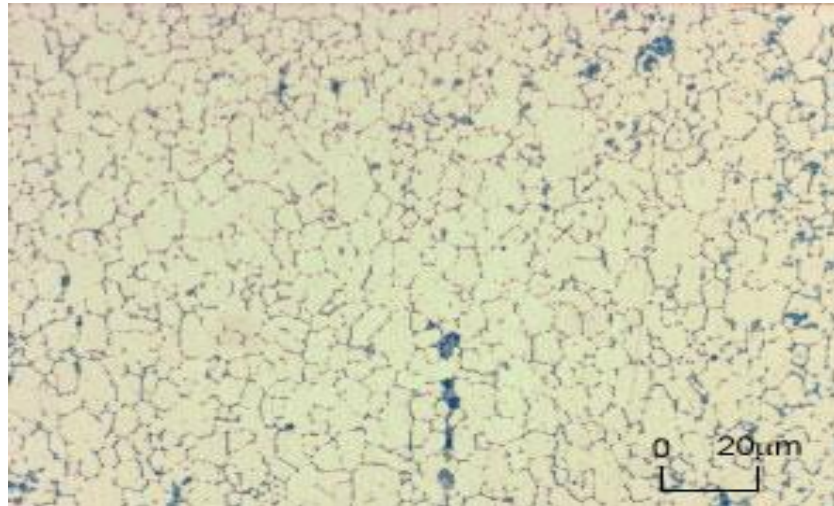
1. *Aluminium Wrought alloy*
2. *Aluminium Casting alloy*

Aluminium wrought alloy berupa barang setengah jadi misalnya batang, pelat, dan lain-lain. Ini dapat diklasifikasikan menurut komposisi kimianya. Tiap-tiap jenis paduan diberi kode dengan empat digit angka. Digit pertama (Xxxx) menunjukkan jenis paduan aluminium berkaitan dengan kemurnian aluminium atau jenis unsur paduan utama. Digit kedua (xXxx) menunjukkan modifikasi dari paduan orisinal. Digit 0 untuk paduan orisinal dan digit 1 sampai 9 untuk modifikasi. Digit ketiga dan keempat (xxXX) merupakan identitas campuran khusus paduan utama. Contoh pada paduan 5183, angka 5 menunjukkan jenis paduannya yaitu magnesium, angka 1 merupakan modifikasi pertama dari 5083, dan angka 83 merupakan identifikasi pada seri 5xxx.

Sifat mekanik dari kebanyakan paduan aluminium tidak saja dipengaruhi oleh komposisi kimianya, tetapi juga tingkat deformasi (banyak paduan yang dapat mengalami *strain hardening*) dan *heat treatment* pada proses fabrikasinya. Untuk memberikan gambaran tentang sifat mekanik tersebut dibelakang angka kode paduan juga dibutuhkan huruf yang menandai kondisinya, F untuk fabrikasi, O untuk *annealed-recrystallized*, H untuk *strain-hardened*, W untuk *solution heat treated* atau T untuk *Thermally treated*. [Suherman, 1988]

2.3.2. Paduan Aluminium seri 5xxx

Paduan seri ini umumnya *non heat-treatable*. Sebagai *wrought alloy* paduan ini mempunyai sifat tahan korosi yang baik. Material jenis ini banyak sekali dipakai untuk konstruksi umum termasuk konstruksi kapal.



Gambar 2.1. Struktur Mikro Al Mg. [<http://aluminium.matter.org.uk>]

2.3.3. Karakteristik Aluminium seri 5083

Aluminium seri 5083 banyak digunakan untuk *marine applications*. Paduan jenis ini menawarkan kekuatan tertinggi diantara paduan *non heat treatable* lain karena rata-rata mengandung 4.5%Mg, 0.7%Mn, dan 0.13%Cr. [www.alcoa.com]

Berikut adalah karakteristik kandungan dan *mechanical properties* dari material aluminium seri 5083:

Tabel 2.1. Kandungan Aluminium 5083. [asm.matweb.com]

Komponen	%
Al	92.4 – 95.6
Mg	4 – 4.9
Mn	0.4 - 1
Si	Max 0.4
Cr	0.05 – 0.25
Ti	Max 0.15
Zn	Max 0.25
Cu	Max 0.1

Tabel 2.1. Kandungan Aluminium 5083. (Continued). [asm.matweb.com]

Fe	Max 0.4
Lainnya, masing masing	Max 0.05
Lainnya, total	Max 0.15

Tabel 2.2. *Physical Properties* Aluminium 5083. [asm.matweb.com]

<i>Physical properties</i>	<i>Metric</i>	<i>English</i>	Keterangan
<i>Density</i> (Kepadatan)	2.66 g/cc	0.0961 lb/in ³	AA ; typical

Tabel 2.3. *Mechanical Properties* Aluminium 5083. [asm.matweb.com]

<i>Mechanical Properties</i>	<i>Metric</i>	<i>English</i>	Keterangan
Hardness, Brinell	77	77	500 kg load with 10 mm ball. Calculated value.
Hardness, Knoop	100	100	Converted from Brinell Hardness Value
Hardness, Rockwell A	37.2	37.2	Converted from Brinell Hardness Value
Hardness, Rockwell B	54	54	Converted from Brinell Hardness Value
Hardness, Vickers	87	87	Converted from Brinell Hardness Value
UTS	290 MPa	42000 psi	
Tensile Strength, Yield	145 MPa	21000 psi	
Elongation at Break	22 %	22 %	In 5 cm; Sample 1.6 mm thick
Modulus of Elasticity	70.3 GPa	10200 ksi	In Tension
Compressive Modulus	71.7 GPa	10400 ksi	
Poisson's Ratio	0.33	0.33	Estimated from trends in similar Al alloys.
Shear Modulus	26.4 GPa	3830 ksi	
Shear Strength	172 MPa	25000 psi	Calculated value.

Tabel 2.4. *Electrical Properties* Aluminium 5083. [asm.matweb.com]

<i>Electrical Properties</i>	<i>Metric</i>	<i>English</i>	Keterangan
Electrical Resistivity	5.98e-006 ohm-cm	5.98e-006 ohm-cm	Electrical Resistivity

Tabel 2.5. *Thermal Properties* Aluminium 5083. [asm.matweb.com]

<i>Thermal Properties</i>	<i>Metric</i>	<i>English</i>	<i>Keterangan</i>
CTE, linear 68°F	23.8 $\mu\text{m/m-}^{\circ}\text{C}$	13.2 $\mu\text{in/in-}^{\circ}\text{F}$	AA; Typical; Average over 68-212°F range.
CTE, linear 250°C	26 $\mu\text{m/m-}^{\circ}\text{C}$	14.4 $\mu\text{in/in-}^{\circ}\text{F}$	Average over the range 20-300°C
Specific Heat Capacity	0.9 J/g-°C	0.215 BTU/lb-°F	
Thermal Conductivity	117 W/m-K	810 BTU-in/hr-ft ² -°F	
Melting Point	591 - 638 °C	1095 - 1180 °F	AA; Typical range based on typical composition for wrought products 1/4 inch thickness or greater
Solidus	591 °C	1095 °F	AA; Typical
Liquidus	638 °C	1180 °F	AA; Typical

Tabel 2.6. *Processing Properties* Aluminium 5083. [asm.matweb.com]

<i>Processing Properties</i>	<i>Metric</i>	<i>English</i>	<i>Keterangan</i>
Hot-Working Temperature	316 - 482 °C	600 - 900 °F	Hot-Working Temperature

2.3.4. Pengelasan Aluminium

Pengelasan aluminium tergolong kurang baik jika dibandingkan dengan pengelasan baja. Kelemahan yang sering terjadi adalah sifat aluminium yang mudah teroksidasi dan membentuk oksida aluminium Al_2O_3 . Karena itulah sebelum dilakukan pengelasan permukaan aluminium dibersihkan dan langsung dilakukan pengelasan untuk menghindari oksidasi. Pengaruh lama oksidasi ini akan menimbulkan bintik-bintik kasar yang makin banyak di permukaan las-lasan.

Pembentukan lapisan oksida (Al_2O_3) ditandai dengan perubahan visual dari permukaan aluminium (Al) yang memiliki warna semula mengkilap (perak) berangsur-angsur berubah lebih buram seiring laju pertumbuhan lapisan oksida yang disebabkan oleh kontak langsung dengan oksigen (O_2). Ketika pelindung dari logam aluminiumnya mengalami kontak langsung dengan udara terbuka (atmosfer), pembentukan aluminium oksida berlangsung sangat cepat. [Anderson, 2008]

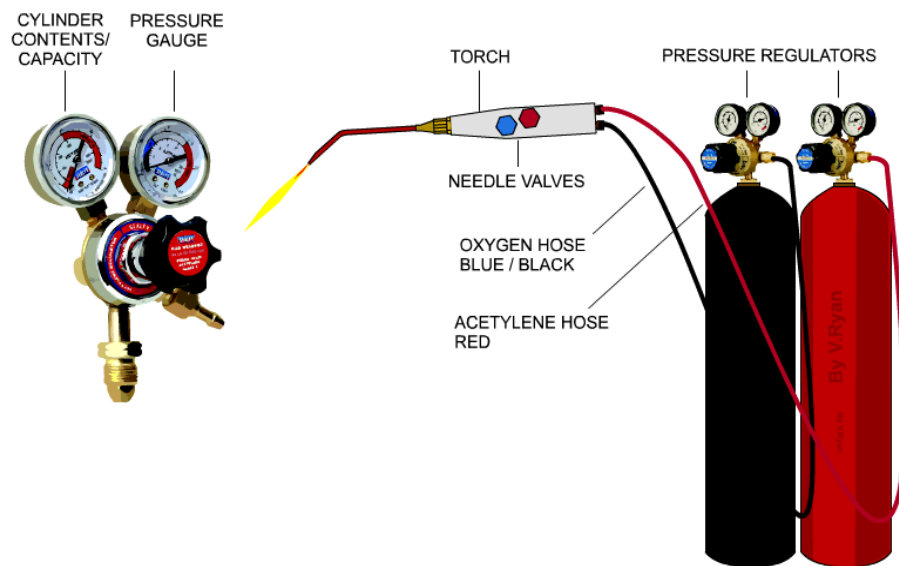
2.4. *Preheat* Atau Pemanasan Awal

Preheat atau pemanasan awal adalah pemanasan logam induk pada temperatur yang tepat sehubungan dengan pengelasan. Daerah dari 50-100 mm (6 kali ketebalan pelat) pada kedua sisi sambungan las dipanaskan hingga merata. [Sunaryo, 2008]

Preheat atau pemanasan awal pada material aluminium 5083 yang termasuk kategori *non heat treatable* dapat dilakukan pada *range* suhu 315 – 480 °C. *Preheat* atau pemanasan awal harus dilakukan tanpa merusak bagian permukaan aluminium pada daerah yang akan dilas. Cara *preheat* atau pemanasan awal pada aluminium 5083 sama dengan baja yaitu dengan menggunakan *gas welding oxyacetylene*. Perbedaannya terletak pada temperatur yang diberikan. Aluminium yang memiliki titik cair lebih rendah dibandingkan baja harus menggunakan metode *blender*, yaitu dengan cara menahan *torch* agar suhu pemanasan tetap terjaga. [ASM International Volume 2, 1990]

Aluminium yang memiliki daya hantar panas sebesar 121 W/m-K dapat menyebarkan panas yang diterima ke seluruh permukaan aluminium dengan baik. Sedangkan baja yang memiliki daya hantar panas sebesar 43 W/m-K atau sepertiga daya hantar panas aluminium kurang dapat menyebarkan panas ke seluruh permukaan secara merata jika dibandingkan dengan aluminium. [<http://www.engineeringtoolbox.com>]

Gas welding oxyacetylene adalah metode pengelasan secara manual, dimana permukaan yang akan disambung mengalami pemanasan sampai mencair oleh nyala api (*flame*) *gas asetilin* (yaitu pembakaran C_2H_2 dengan O_2), dengan atau tanpa logam pengisi, dimana proses penyambungan tanpa penekanan. Disamping untuk keperluan pengelasan (penyambungan), las gas dapat juga dipergunakan sebagai *preheating*, *brazing*, dan *cutting*. Dalam aplikasi hasilnya sangat memuaskan untuk pengelasan baja karbon terutama lembaran logam (*sheet metal*) dan pipa-pipa berdinding tipis. Meskipun demikian hampir semua jenis logam *ferrous* dan *non ferrous* dapat dilas dengan las gas baik dengan atau logam pengisi (*filler metal*). Selain *gas acetylene*, juga dipakai gas hidrogen, gas alam, *propane*, untuk logam-logam dengan titik cair rendah. [<http://mairodi-training.com/oxy-acetylene-welding-las-asetilin/>]



Gambar 2.2. *Oxyacetylene Gas*. [<http://www.technologystudent.com>]

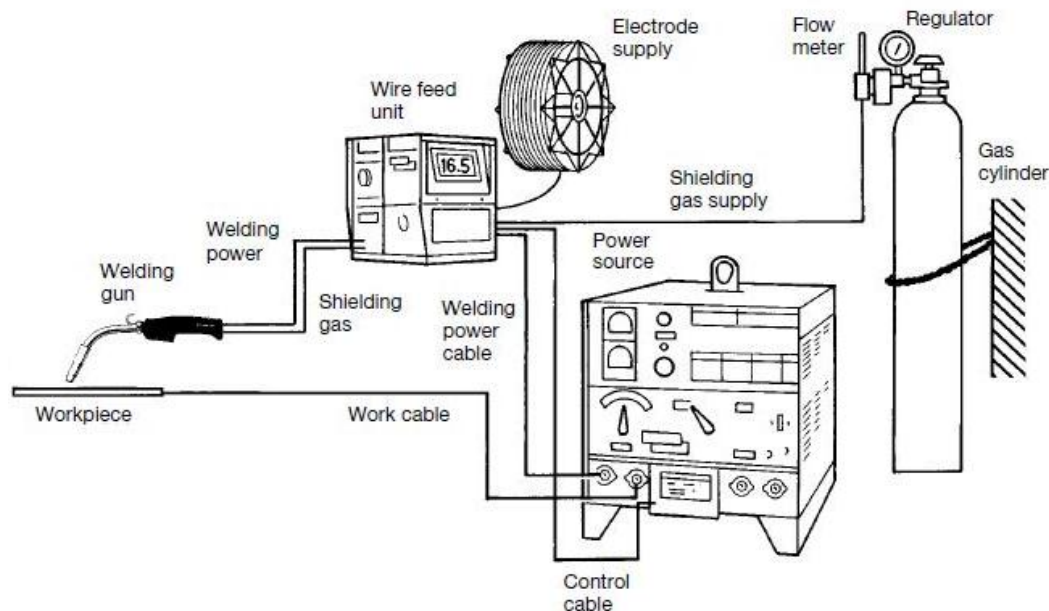
Suhu *interpass* adalah suhu logam induk ketika pengelasan dilakukan di antara pengelasan mula-mula dan pengelasan terakhir dalam satu kali kerja. Suhu *interpass* tidak diijinkan jika suhu berada di bawah suhu *preheat*. Terdapat beberapa alasan mengapa menggunakan *preheat*, yaitu: [<https://www.mwsc.com>]

- a. Memperlambat laju pendinginan pada logam las dan logam induk, dapat menghasilkan struktur metalurgi yang lebih ulet, dan mempunyai daya tahan yang kuat terhadap *crack*.
- b. Laju pendinginan yang lambat dapat membuat kesempatan pada hidrogen untuk berdifusi keluar dari logam tanpa merusak, sehingga dapat mengurangi kemungkinan *crack*.
- c. Dapat mengurangi tegangan karena *shrinkage* yang berdekatan pada logam las dan logam induk.
- d. Dapat menaikkan *mechanical properties* pada baja untuk tahan diatas suhu yang menyebabkan terhasilkannya struktur getas dalam pembuatan baja.

2.5. Gas Metal Arc Welding

Pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) adalah pengelasan yang menggunakan *shielding gas*. *Shielding gas* berfungsi sebagai pelindung logam las saat proses pengelasan berlangsung agar tidak terkontaminasi dari udara lingkungan sekitar logam lasan karena

logam lasan sangat rentan terhadap difusi hidrogen yang dapat menyebabkan cacat *porosity*. Pengelasan GMAW dapat menggunakan gas Argon (Ar), helium, argon+helium dsb. [<http://www.pengelasan.com>]



Gambar 2.3. Skema Pengelasan GMAW. [<http://www.vedcmalang.com>]

Pengelasan GMAW dikategorikan menjadi 2 jenis, yaitu MAG (*Metal Active Gas*) dan MIG (*Metal Inert Gas*). Pada proses pengelasan MAG gas yang digunakan berupa CO_2 sehingga biaya operasi pada pengelasan ini lebih murah bila dibandingkan dengan pengelasan yang menggunakan gas pelindung lainnya seperti Argon (Ar). Pada proses pengelasan MIG gas yang digunakan berupa Argon (Ar). Biasanya pengelasan MIG digunakan untuk mengelas material yang terbuat dari aluminium atau baja tahan karat.

2.6. Sifat-Sifat Mekanik

Sifat mekanik adalah salah satu sifat terpenting karena sifat mekanik menyatakan kemampuan suatu bahan untuk menerima beban/gaya sampai menimbulkan kerusakan pada bahan tersebut. Beberapa sifat mekanik yang penting adalah: [<http://www.academia.edu>]

- Kekuatan (*strength*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan patah.
- Kekerasan (*hardness*) menyatakan kemampuan bahan untuk tahan terhadap penggoresan, pengikisan, indentensi atau penetrasi.

- Ketangguhan (*toughness*) menyatakan kemampuan bahan untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan kerusakan. Selain itu juga dapat dikatakan sebagai ukuran banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan suatu benda kerja pada suatu kondisi tertentu.
- Kelelahan (*fatigue*) merupakan kecenderungan dari logam untuk patah bila menerima tegangan berulang-ulang yang besarnya masih jauh dibawah batas kekuatan elastisnya.
- Kekenyalan (*elasticity*) merupakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan. Kekenyalan juga menyatakan seberapa banyak perubahan bentuk elastis yang dapat terjadi sebelum perubahan bentuk yang permanen mulai terjadi. Dengan kata lain kekenyalan menyatakan kemampuan bahan untuk kembali ke bentuk dan ukuran semula setelah menerima beban yang menimbulkan deformasi.

2.7. Pengujian Metalografi

Pengujian metalografi adalah suatu teknik atau ilmu untuk melihat struktur mikro dan makro material. Pengujian metalografi pada dasarnya terdiri dari pengujian makro dan pengujian mikro. Pengujian mikro bertujuan untuk mengetahui kondisi struktur mikro penyusun logam akibat proses pengelasan, pemanasan, dan pendinginan. Struktur mikro berupa butiran-butiran yang dipisahkan oleh batas butir (*grain boundary*). Tahapan dalam melakukan pengujian mikro adalah: [<http://ardra.biz/sain-teknologi/metalurgi>]

- *Cutting*, yaitu pemotongan benda uji disesuaikan dengan penampang yang akan diamati.
- *Mounting* (pembungkaihan), yaitu untuk memudahkan pemegangan terhadap benda uji yang berukuran kecil atau memiliki bentuk yang tidak beraturan.
- *Grinding*, yaitu proses meratakan permukaan benda uji dengan menggunakan kertas amplas anti air. Selama *grinding* diberi air untuk mencegah terjadinya oksidasi pada permukaan benda uji.
- *Polishing*, yaitu menghaluskan serta menghilangkan goresan-goresan selama proses *grinding* dengan menggunakan kain bludru (*polishing cloth*). Sebagai media pendingin digunakan alkohol.

- *Etching*, yaitu proses mereaksikan benda uji dengan bahan etsa sehingga dapat memunculkan gambar struktur mikro dengan jelas.
- *Viewing*, yaitu pengamatan yang dilakukan dengan mikroskop optik dan mikroskop elektron.

2.8. Pengujian Kekerasan

Kekerasan (*hardness*) adalah salah satu sifat mekanik (*mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*) dan deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali ke bentuk asal. Dengan kata lain material tersebut tidak dapat kembali ke bentuk semula. Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan). [<http://www.alatuji.com>]

Nilai kekerasan dapat diketahui dengan beberapa metode. Metode tersebut diantaranya *rockwell test*, *brinell test*, dan *vickers test*. Metode pengujian *vickers* menggunakan *indenter* berbentuk piramida intan.

Pengujian kekerasan dengan metode *vickers* bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material terhadap *indenter* intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk piramid seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4. Beban yang dikenakan juga jauh lebih kecil dibanding dengan pengujian *rockwell* dan *brinell* yaitu antara 1 sampai 1000 gram.

Angka kekerasan *Vickers* (HV) didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji (F) dengan luas permukaan bekas luka tekan (injakan) dari *indenter* (A) yang dikalikan dengan $\sin(136^\circ/2)$. Rumus untuk menentukan besarnya nilai kekerasan dengan metode *vickers* yaitu seperti yang tertulis dibawah ini.



Gambar 2.4. Bentuk *Indenter Vickers*. [Callister, 2001]

$$HV = \frac{F}{A} \times \sin \frac{136^\circ}{2} \dots\dots\dots(1)$$

$$HV = \frac{F \cdot \sin \frac{136^\circ}{2}}{\frac{d^2}{2}} \dots\dots\dots(2)$$

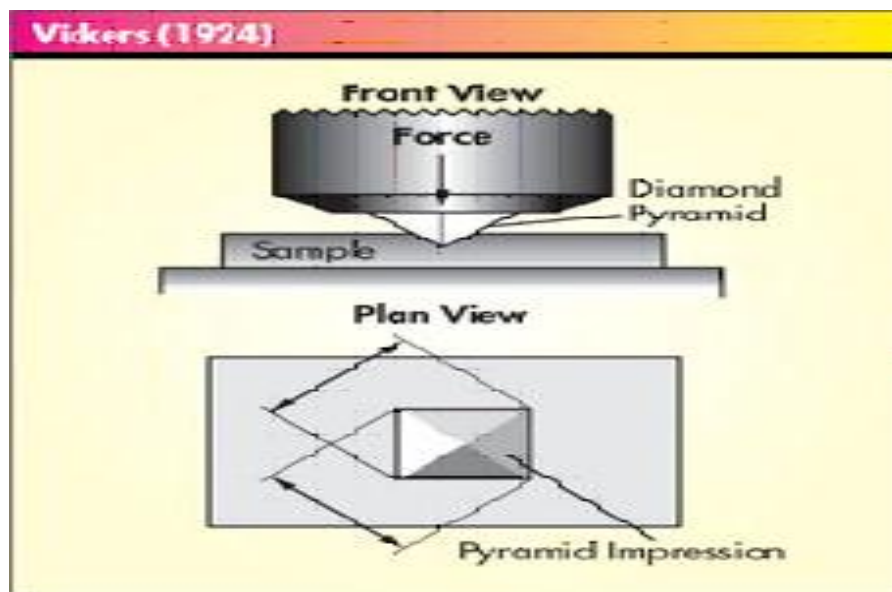
$$HV = 1,854 \frac{F}{d^2} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana,

HV = Angka kekerasan *vickers*

F = Beban (kgf)

d = Diagonal (mm)

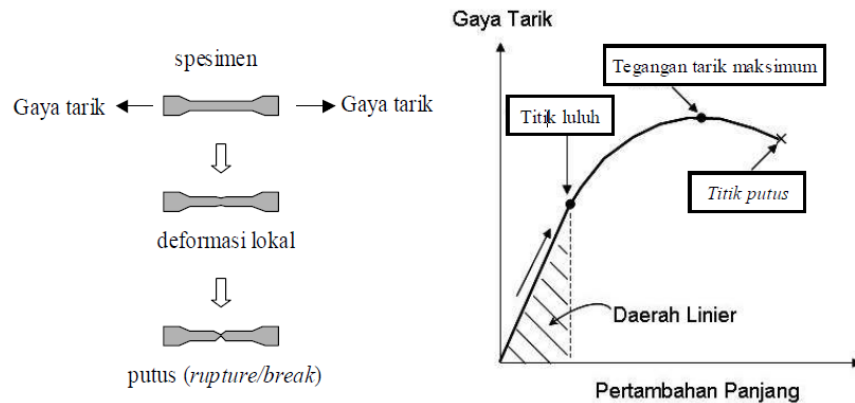


Gambar 2.5. Pengujian *Hardness Vickers*. [<http://www.qualitydigest.com>]

2.9. Pengujian Tarik

Pengujian tarik adalah salah satu metode pengujian material yang paling luas penggunaannya. Pada pengujian tarik spesimen uji mengalami pembebanan satu sumbu (*uniaxial loading*) yang menyebabkan terjadinya deformasi baik elastis maupun plastis. Dari pengujian ini dapat dipelajari perilaku dari material sebagai respon terhadap beban yang diberikan. [<http://www.teknikmesin.org>]

Tujuan pengujian tarik adalah untuk mengetahui sifat mekanis dari suatu material terhadap tarikan dimana sifat mekanis tersebut antara lain meliputi batas lumer, kekuatan tarik, kekenyalan, pertambahan panjang dan pengecil luas penampang.



Gambar 2.6. Gambaran singkat hasil pengujian tarik. [<http://www.teknikmesin.org>]

Dalam Pengujian tarik banyak hal yang dapat diambil untuk dipelajari. Pada saat material uji menerima beban sebesar P kg maka material uji akan mengalami pertambahan panjang sebesar ΔL mm. Pada saat itu juga pada material uji bekerja:

- Tegangan sebesar :

$$\sigma = \frac{P}{A_o} \quad [\text{kg/mm}^2]$$

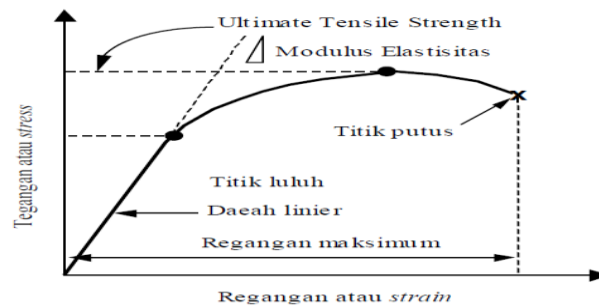
- Regangan sebesar :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} = \frac{(L - L_o)}{L_o} \quad [\%]$$

Untuk semua logam pada tahap awal dari uji tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah linier atau *linear zone*. Di daerah ini kurva pertambahan panjang mengikuti aturan Hooke sebagai berikut: [<http://www.infometrik.com>]

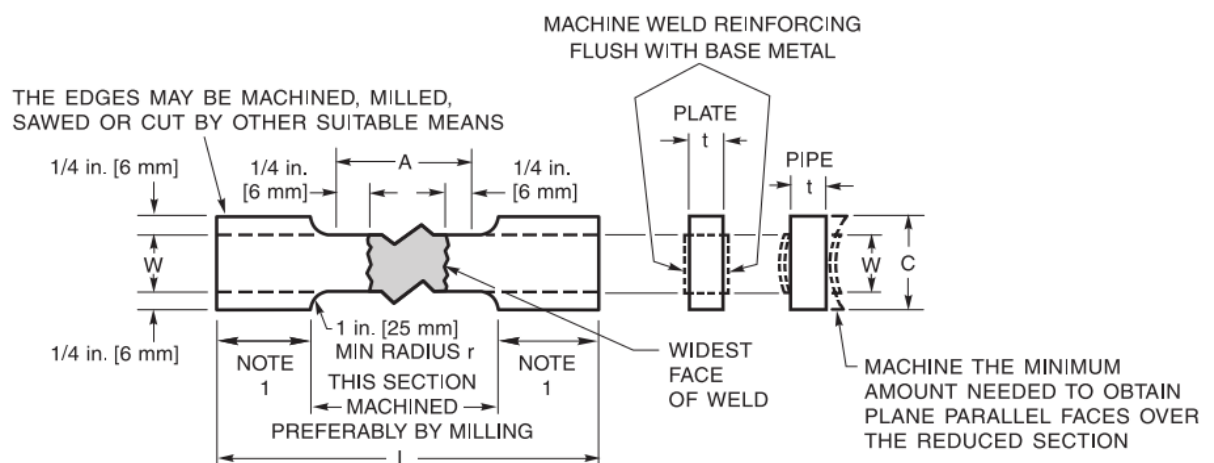
Rasio tegangan (stress) dan regangan (strain) adalah konstan

Selanjutnya didapatkan Gambar 2.7 yang merupakan kurva standar ketika melakukan eksperimen uji tarik. Kurva yang menyatakan hubungan antara strain dan stress seperti ini kerap disingkat kurva SS (SS curve).



Gambar 2.7. Kurva Tegangan-Regangan. [<http://www.infometric.com>]

Dalam proses pengujian tarik ada beberapa parameter untuk menentukan ukuran dari spesimen. Untuk menentukannya terdapat *rules* yang digunakan sebagai acuan dalam proses pengujian seperti yang terdapat pada Gambar 2.8 berikut:



Gambar 2.8. Contoh Spesimen Uji Tarik Menurut AWS D.1.2.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Bahan Penelitian

Material yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah aluminium 5083 yang pada umumnya digunakan untuk keperluan *marine use* dengan unsur paduan dominan magnesium (Mg).

Dimensi dari material yang akan dilakukan pengelasan adalah sebagai berikut:

- Panjang : 300 mm
- Lebar : 150 mm
- Tebal : 10 mm
- Jumlah : 8 buah



Gambar 3.1. Material Aluminium 5083.

3.2. Peralatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan peralatan yang memiliki fungsi tersendiri dalam proses penyiapan material, proses pengelasan, pembuatan spesimen uji, dan pengujian. Peralatan tersebut meliputi:

3.2.1. Peralatan Penyiapan Material

1. Mesin Frais / *milling machine*

2. Penggaris

- 3.2.2. Peralatan Proses Pengelasan

1. Mesin Las GMAW
2. Kawat Las ER 5356
3. Gas Argon
4. *Oxygen Acetylene Gas*
5. *Torch*
6. *Infrared Thermometer*
7. *Welding Helmet*
8. *Welding Glove*
9. Sikat
10. *Stopper*
11. Gerinda
12. *Marker*
13. Mesin Potong

- 3.2.3. Peralatan Untuk Pembuatan Spesimen Uji

1. Gergaji
2. Mesin *Scrap*
3. Mesin Poles
4. Ragum
5. Kertas Gosok
6. Larutan Etsa
7. Jangka Sorong
8. Kikir

- 3.2.4. Peralatan Proses Pengujian

1. *Optical Microscope*
2. Kamera Foto Makro
3. *Universal Testing Machine*
4. Mesin Pengujian *Hardness Vickers*

3.3. Proses Pengelasan

Proses pengelasan yang digunakan untuk menyambung dua buah aluminium 5083 ini adalah proses pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW). Pengelasan proses ini menggunakan gas argon dengan *filler metal* ER 5356 diameter 1.2 mm. Parameter yang digunakan dalam pengelasan ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1. Parameter Pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW).

Joints	
1. <i>Joints Design</i>	<i>Butt Joint</i>
2. <i>Type</i>	<i>Single V</i>
3. <i>Backing</i>	NA
4. <i>Root Opening</i>	0 – 3 [mm]
5. <i>Root Face Dimension</i>	0 – 2 [mm]
6. <i>Groove Angle</i>	60°
7. <i>Gouging</i>	<i>Brush and Grinding</i>
8. <i>Back Weld</i>	<i>Yes</i>
Base Metal	
9. <i>Plate Thickness</i>	10 [mm]
10. <i>Type Grade</i>	Al 5083 H-0
11. <i>Plate Thickness Range</i>	3 ~ 20 [mm]
12. <i>Preheat Temperature</i>	80° [C]
13. <i>Interpass Temperature</i>	150° [C]
14. <i>PWHT</i>	NA
Position	
15. <i>Position</i>	1 G (Datar)
Filler Metal	
16. <i>AWS Classification</i>	ER 5356
Electrical Characteristics	
17. <i>Type of Polarity</i>	DCEP
18. <i>Ampere Range</i>	125 – 170 [A]

Tabel 3.2. Parameter Pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW). (Continued).

19. <i>Voltage Range</i>	20 – 23 [V]
20. <i>Travel Speed Range</i>	150 – 300 [mm/min]
<i>Shielding</i>	
21. <i>Gas</i>	Argon
22. <i>Composition</i>	99.95%
23. <i>Flux</i>	NA
24. <i>Electrode-Flux (Class)</i>	NA
25. <i>Flow Rate</i>	10 – 20 [mm]

3.3.1. Pelaksanaan Pengelasan

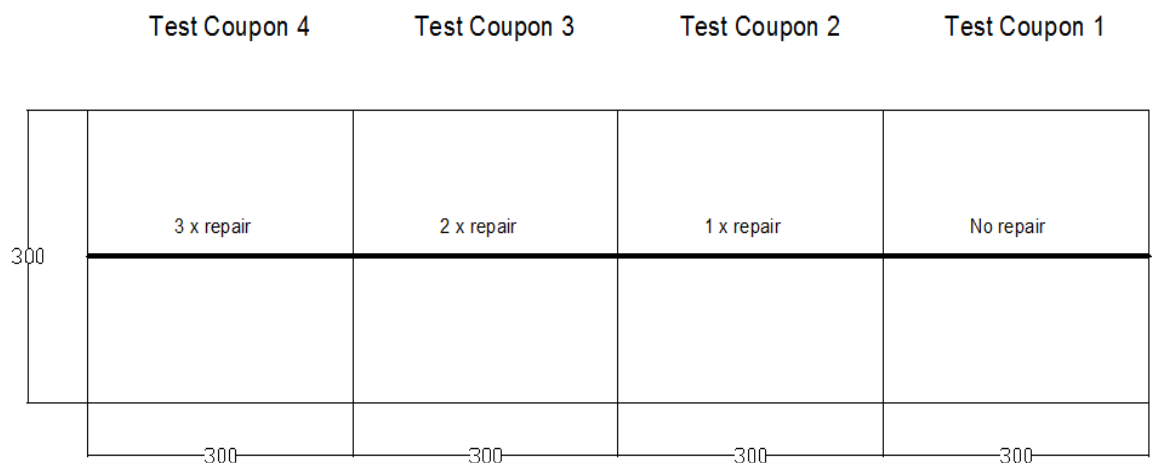
Berdasarkan parameter pengelasan yang telah ditetapkan di atas, maka dilakukan tahapan pengelasan sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan

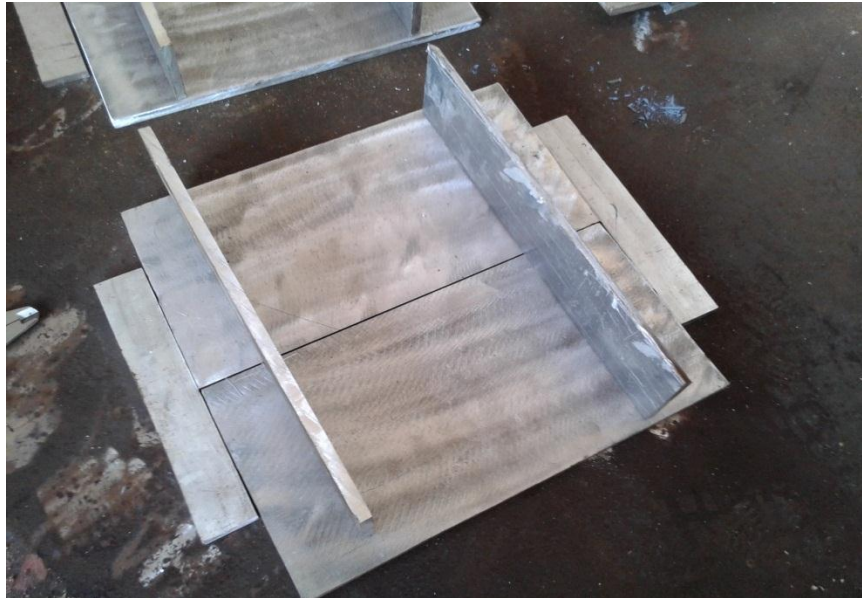
- a. Pembersihan alur las dengan sikat.

Pembersihan alur las bertujuan untuk menghilangkan oksida aluminium yang dapat menurunkan tingkat kekerasan material.

- b. Pemeriksaan kelurusan material dan pemasangan *stopper*.
- c. Persiapan mesin las GMAW sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.
- d. Menyiapkan *oxygen acetylene gas* dan *torch* untuk aplikasi *preheat*



Gambar 3.2. Pembagian Test Coupon Setiap Pengelasan Ulang.

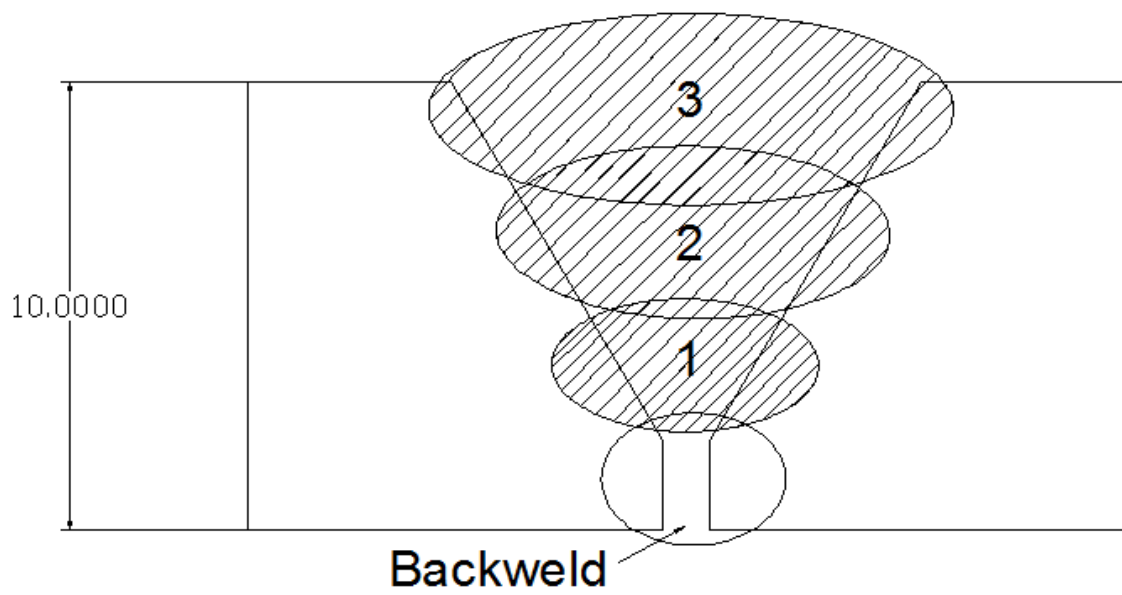


Gambar 3.3. Pemasangan *Stopper*.

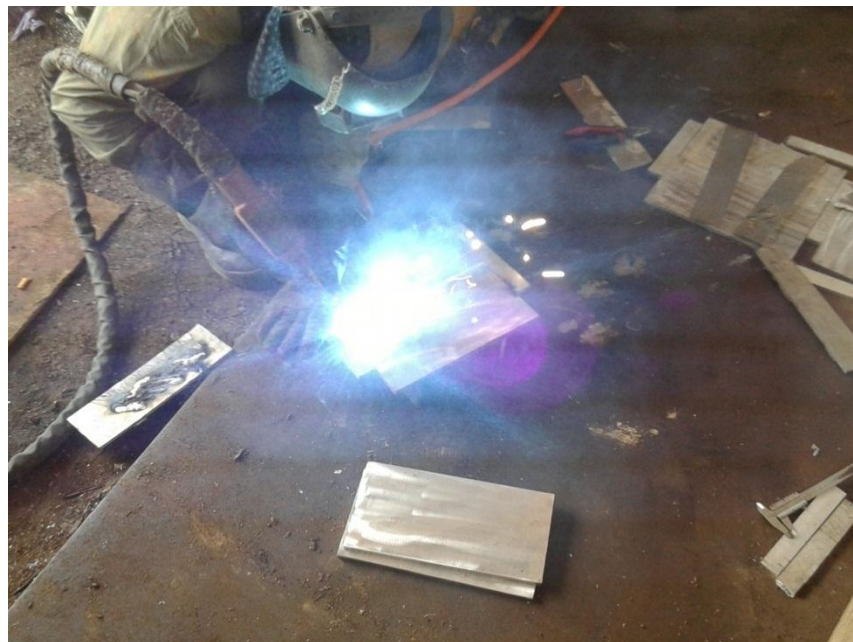
2. Tahap Pengelasan

Setelah dilakukan tahap persiapan di atas, maka dilakukan tahapan pengelasan. Proses pengelasan ini tahapannya adalah sebagai berikut:

- a. Pada *test coupon* 1 tidak dilakukan pengelasan ulang sehingga langsung dibuat 3 layer dan *backweld*.
- b. Pada *test coupon* 2 dilakukan pengelasan ulang sebanyak 1 kali. Setelah pengelasan dilakukan dan terbentuk 3 layer, bagian atas layer dihilangkan dengan cara *gouging*. Kemudian dilakukan pengelasan sebanyak 1 kali untuk menutupi layer bagian atas. Langkah terakhir dilakukan *backweld*.
- c. Pada *test coupon* 3 dilakukan pengelasan ulang sebanyak 2 kali. Setelah pengelasan dilakukan dan terbentuk 3 layer, bagian tengah layer sampai keatas dihilangkan dengan cara *gouging*. Kemudian dilakukan pengelasan ulang sebanyak 2 kali dengan cara yang sama untuk menutupi layer tersebut. Langkah terakhir dilakukan *backweld*.
- d. Pada *test coupon* 4 dilakukan pengelasan ulang sebanyak 3 kali. Setelah pengelasan dilakukan dan terbentuk 3 layer, bagian bawah layer sampai keatas dihilangkan dengan cara *gouging*. Kemudian dilakukan pengelasan ulang sebanyak 3 kali dengan cara yang sama untuk menutupi layer tersebut. Langkah terakhir dilakukan *backweld*.



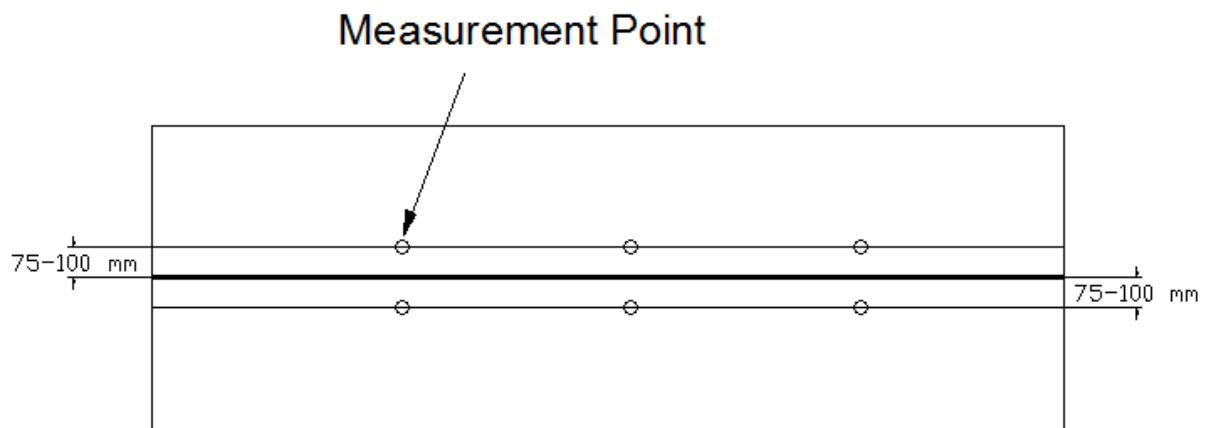
Gambar 3.4. Jumlah Layer Yang Terbentuk.



Gambar 3.5. Proses Pengelasan *Test Coupon 1*.

3.3.2. Aplikasi *Preheat* atau Pemanasan Awal

Perlakuan pemanasan awal (*preheat*) pada material dilakukan sebelum pengelasan. Seluruh pengelasan ulang diawali dengan pemanasan awal. Temperatur yang digunakan pada pemanasan awal sebesar 80 °C dan temperatur *interpass* sebesar 150 °C. Metode *blender* yang digunakan pada *preheat* menggunakan *oxyacetylene gas welding*. Metode *blender* yaitu metode *preheat* dengan cara menahan *torch* dari kejauhan agar sumber panas tidak terlalu dekat dengan material sehingga temperatur suhu dapat terjaga. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu pemanasan awal sekitar 10-15 menit. Selama pemanasan awal, suhu permukaan material dapat diukur menggunakan *infrared thermometer*.



Gambar 3.6. Pengukuran Temperatur Pada Proses *Preheat*.

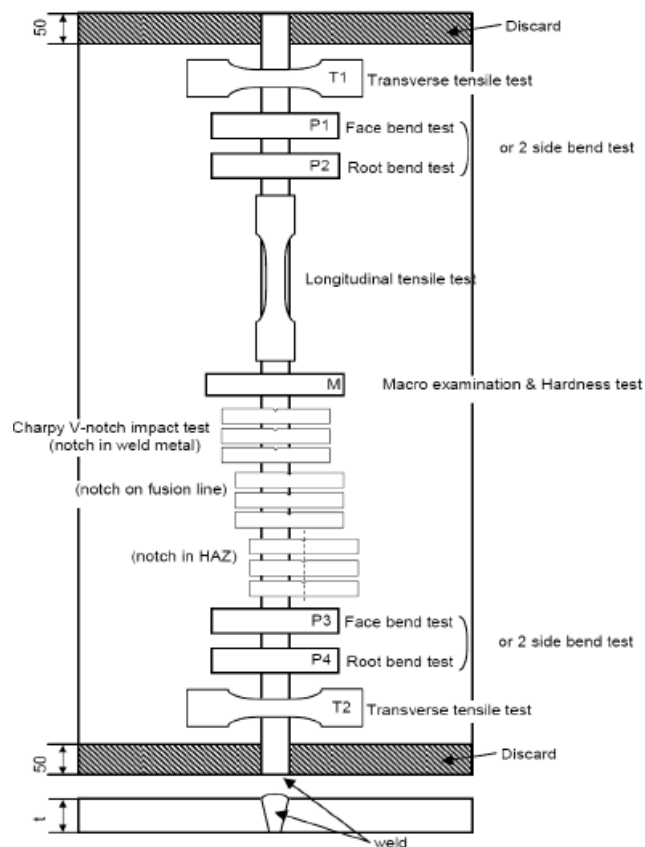


Gambar 3.7. Proses Pengukuran Temperatur Pemanasan Awal.

Penggunaan suhu pemanasan awal tersebut didasarkan pada [ASM International Volume 2, 1990] yang menyebutkan bahwa aluminium seri 5083 dapat dilakukan pemanasan awal hingga mencapai suhu 315 °C.

3.4. Prosedur Penelitian

Setelah proses pengelasan selesai, material dipotong untuk dibuat spesimen uji. Pengambilan *test piece* untuk pengujian didasarkan pada *rules BKI volume VI tahun 2009*. Detail pengambilan *test piece* dapat dilihat pada Gambar 3.8. Pengujian yang dilakukan pada tugas akhir ini meliputi pengujian tarik, pengujian struktur mikro, serta pengujian kekerasan. Proses pemotongan material untuk pengambilan *test piece* dilakukan di laboratorium Konstruksi dan Kekuatan Jurusan Teknik Perkapalan ITS.



Gambar 3.8. Contoh Pengambilan Spesimen Pada *Test Coupon* Menurut BKI 2009.

3.4.1. Pemotongan Material

Proses pemotongan material dilakukan dengan tahapan berikut:

1. Material yang telah dilas diletakan di mesin gergaji.
2. Mengukur dimensi material yang akan dipotong menggunakan penggaris.
3. Material yang akan dipotong dijepit pada mesin gergaji.
4. Melakukan proses pemotongan.
5. Setelah proses pemotongan selesai, dilakukan pengukuran dimensi dari material yang telah dipotong untuk disesuaikan dengan perencanaan yang telah ditentukan.



Gambar 3.9. Proses Pemotongan Material.

3.4.2. Spesimen Metalografi (Foto Mikro) dan *Hardness Vickers*

Untuk persiapan spesimen pengujian foto mikro dan pengujian *hardness vickers* dilakukan tahapan sebagai berikut:

1. Dilakukan persiapan spesimen dengan ukuran 80mm x 15mm x 10mm.
2. Pemotongan menggunakan mesin gergaji.
3. Hasil pemotongan menggunakan mesin gergaji dihaluskan menggunakan gerinda dan kikir.

4. Permukaan yang akan diuji dihaluskan menggunakan mesin poles.
5. Pemolesan dilakukan dengan *grade* bertingkat mulai dari *grade* 80 hingga 2000.
6. Kertas gosok harus diganti jika hasil pemolesan *grade* sebelumnya tidak terlihat.
7. Pemolesan dilakukan hingga permukaan spesimen bersih, mengkilap, dan tidak ada lagi goresan.
8. Proses terakhir adalah menggosok permukaan spesimen uji menggunakan kain beludru yang telah dioles alumina hingga permukaan spesimen bersih dan mengkilap seperti cermin.

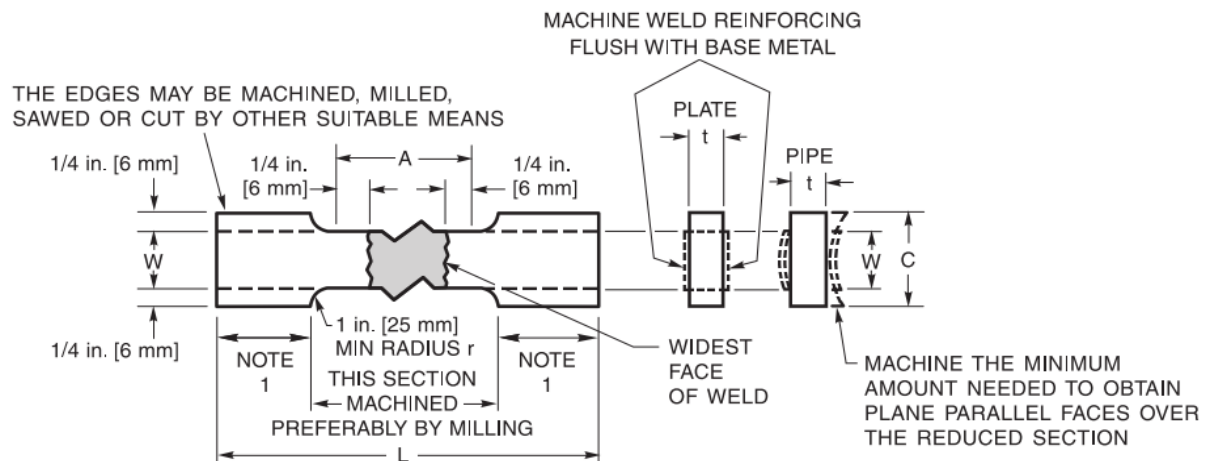


Gambar 3.10. Spesimen Pengujian Foto Mikro dan Pengujian *Hardness Vickers*.

3.4.3. Spesimen Uji Tarik

Standar spesimen uji tarik dibuat berdasarkan AWS D.1.2 dengan tahapan sebagai berikut:

1. Meratakan mahkota las dengan gerinda sampai ketebalannya sama dengan tebal pelat.
2. Membuat sketsa gambar spesimen uji.
3. Melakukan proses *scraping* pada material untuk membentuk *reduce section*.
4. Menghaluskan bagian yang telah dilakukan proses *scraping* menggunakan kikir.
5. Menghaluskan permukaan sisa mahkota las dan *reduce section* menggunakan gerinda.



Gambar 3.11. Spesimen Uji Tarik Menurut AWS D.1.2.



Gambar 3.12. Spesimen Uji Tarik.

3.4.4. Pengujian Metalografi (Makro)

Dari masing-masing proses pengelasan diambil 1 buah spesimen untuk pengujian makro. Tahapan pengujian makro adalah sebagai berikut:

- Menghaluskan permukaan spesimen menggunakan mesin poles.
- Persiapan larutan *reagent keller's* yang terdiri dari:

- 2 ml HF
- 3 ml HCl
- 20 ml HNO₃
- 175 ml H₂O

- c. Spesimen dicelupkan dalam larutan selama dua menit, lalu dicelup dengan alkohol 90% hingga terlihat bentuk daerah pengelasan.
- d. Spesimen disiram dengan air panas dan dikeringkan dengan *hair dryer*.
- e. Selanjutnya spesimen siap dilakukan proses foto makro.
- f. Langkah terakhir adalah pengambilan gambar dengan kamera.



Gambar 3.13. Pengambilan Foto Makro.

3.4.5. Pengujian Metalografi (Mikro)

Langkah–langkah yang dilakukan dalam pengujian metalografi (foto mikro) adalah sebagai berikut:

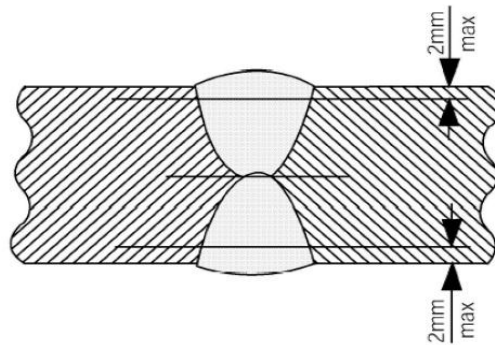
- a. Menghaluskan permukaan spesimen menggunakan mesin poles. Permukaan spesimen dipoles hingga halus, bersih, mengkilap, dan tidak ada goresan.
- b. Persiapan larutan *reagent keller's* yang terdiri dari:
 - 1 ml *Hydrofluorid Acid* (HF)
 - 1.5 ml HCl
 - 2.5 ml HNO₃
 - 95 ml *Aquades*
- c. Spesimen dicelupkan dalam larutan *reagent keller's* selama dua menit, lalu dicelup ke dalam alkohol 90% hingga terlihat bentuk daerah pengelasan.
- d. Spesimen disiram dengan air dan dikeringkan dengan *hair dryer*.

- e. Selanjutnya spesimen siap dilakukan proses foto mikro. Proses foto mikro ini menggunakan mikroskop dengan perbesaran 100 dan 400 kali.
- f. Langkah terakhir adalah menyimpan foto ke dalam komputer.

3.4.6. Pengujian *Hardness Vickers*

Langkah-langkah yang dilakukan selama pengujian *hardness vickers* adalah sebagai berikut:

- a. Persiapan spesimen dengan menandai bagian yang akan diuji. Penandaan spesimen berdasarkan aturan *BKI 2009 volume VI section 12-13* dan jarak yang diambil tiap penandaan adalah 1 mm. Penandaan bagian sisi atas dan bawah diambil jarak 1.5 mm dari permukaan.



Gambar 3.14. Lokasi Penandaan Pada Pengujian Kekerasan Menurut BKI 2009.

- b. Melakukan pengujian *hardness vickers* dengan pembebanan sebesar 30 kgf dan waktu 10 detik.
- c. Hasil dari pengujian *hardness vickers* kemudian muncul pada layar monitor.

3.4.7. Pengujian Tarik

Pengujian tarik menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Langkah-langkah yang dilakukan selama pengujian tarik adalah sebagai berikut:

1. Pemeriksaan mesin uji sesuai dengan petunjuk pengoperasian.
2. Pemilihan penjepit sesuai tipe dan tebal spesimen.
3. Pemasangan pena dan *milimeter block* pada alat uji.
4. Penentuan permulaan sumbu absis pada kertas *milimeter block*.
5. Pemasangan spesimen pada penjepit dan memastikan spesimen tidak terjepit pada bagian *reduce section*.

6. Pembebanan dilakukan secara bertahap hingga diberikan beban konstan sampai material putus.
7. Melakukan pencatatan pada jarum penunjuk beban.

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Hasil Pengujian Tarik

Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kemampuan suatu material menerima beban gaya tarik. Pengujian tarik ini mengacu pada AWS D.1.2 yang menggunakan 2 spesimen pada setiap pengelasan ulang. Dari hasil pengujian didapatkan kuat tarik maksimal dari material uji. Kuat tarik maksimal tersebut akan dibandingkan dengan kuat tarik maksimal pada setiap pengelasan ulang. Data yang diperoleh dari hasil pengujian tarik adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1. Data Hasil Pengujian Tarik.

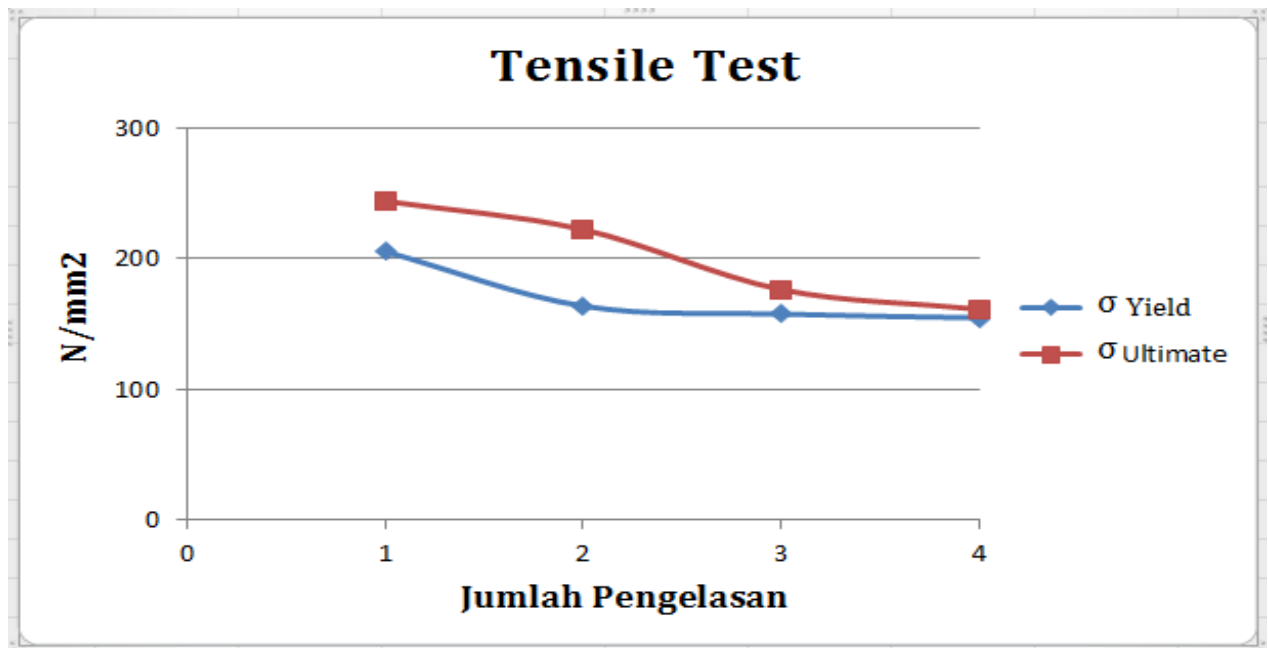
Pelat	Kode	Area [mm ²]	Force yield [KN]	Force Ultimate [KN]	Breaking Point
1 x Pengelasan	1A	364.656	71	86	Weld Metal
	1B	333.486	72	84	Weld Metal
2 x Pengelasan	2A	338.191	44	77.5	Weld Metal
	2B	334.714	66	72	Weld Metal
3 x Pengelasan	3A	345.92	54	65	Weld Metal
	3B	346.144	55	57	Weld Metal
4 x Pengelasan	4A	338.688	57	59.5	Weld Metal
	4B	340.587	48	50	Weld Metal

Tabel 4.1. Data Hasil Pengujian Tarik. (Continued).

Pelat	Kode	σ Yield [N/mm ²]	σ Ultimate [N/mm ²]	σ Yield rata-rata [N/mm ²]	σ Ultimate rata-rata [N/mm ²]
1 x Pengelasan	1A	194.70	235.84	205.30	243.86
	1B	215.90	251.88		
2 x Pengelasan	2A	130.10	229.16	163.64	222.13
	2B	197.18	215.11		
3 x Pengelasan	3A	156.11	187.90	157.50	176.29
	3B	158.89	164.67		
4 x Pengelasan	4A	168.30	175.68	154.61	161.24
	4B	140.93	146.81		

Dari data hasil pengujian tarik yang disajikan pada Tabel 4.1 diatas, dapat dianalisa bahwa nilai *yield strength* dan *ultimate tensile strength* terbesar didapat pada pelat aluminium 5083 dengan perlakuan 1 x pengelasan (*no repair*), yaitu sebesar 205.30 N/mm² (*yield strength*) dan 243.86 N/mm² (*ultimate tensile strength*). Sedangkan nilai *yield strength* dan *ultimate tensile strength* terendah didapat pada pelat aluminium 5083 dengan perlakuan 4 x pengelasan (3 x *repair*), yaitu sebesar 154.61 N/mm² (*yield strength*) dan 161.24 N/mm² (*ultimate tensile strength*).

Jika ditinjau dari segi lokasi patahnya material saat pengujian tarik, semua spesimen uji tarik dari setiap pengelasan ulang mengalami patah pada lokasi *weld metal*. Hal tersebut dikarenakan nilai kuat tarik *weld metal* jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai kuat tarik *base metal*. Dengan kata lain, nilai kuat tarik dari *filler metal* ER 5356 masih berada dibawah nilai kuat tarik aluminium 5083 yang menyebabkan lokasi patahnya material terletak di *weld metal*.



Gambar 4.1. Grafik Hasil Pengujian Tarik.

Jika membandingkan hasil pengujian tarik pelat aluminium 5083 yang dilakukan 1 x pengelasan (*no repair*) yang memiliki *yield strength* 205.30 N/mm² dan *ultimate tensile strength* 243.86 N/mm², dan pelat aluminium 5083 yang dilakukan 4 x pengelasan (3 x *repair*) yang memiliki *yield strength* 154.61 N/mm² dan *ultimate tensile strength* 161.24 N/mm², maka terlihat bahwa *yield strength* dan *ultimate tensile strength* lebih tinggi dimiliki oleh pelat aluminium 5083 dengan perlakuan 1 x pengelasan. Hal ini disebabkan karena pengaruh proses pengelasan ulang yang menyebabkan material menerima panas yang berlebihan sehingga terjadi penurunan kuat tarik pada material. Hal tersebut diperjelas pada Gambar 4.1 dimana secara keseluruhan *yield strength* dan *ultimate tensile strength* terjadi penurunan seiring dilakukannya proses pengelasan ulang. Semakin sering dilakukan proses pengelasan ulang, maka *yield strength* dan *ultimate tensile strength* akan semakin menurun.

Pada Gambar 4.1 terlihat bahwa *yield strength* pada semua kondisi *repair* cenderung stabil. Terdapat selisih *yield strength* yang cukup besar antara pelat aluminium yang dilakukan 1 x pengelasan (perlakuan *preheat* 120°C dan *no repair*) yang memiliki *yield strength* 163.64 N/mm², dan pelat aluminium 5083 yang dilakukan 2 x pengelasan (perlakuan *preheat* 124°C dan 1 x *repair*) yang memiliki *yield strength* 163.64 N/mm². Hal tersebut dikarenakan pengaruh *preheat* pada pelat aluminium 5083 dengan kondisi *repair* yang akan

membuat laju pendinginan menjadi lambat dan dapat membuat kesempatan pada hidrogen untuk berdifusi keluar dari logam tanpa merusak, sehingga material menjadi lebih keras dan *yield strength* menjadi lebih stabil. Pada pelat aluminium 5083 yang dilakukan 1 x pengelasan memiliki *yield strength* yang lebih tinggi dikarenakan tidak dilakukan pengelasan ulang meskipun mendapat perlakuan *preheat*.

Pada Gambar 4.1 dapat diamati bahwa selisih antara *yield strength* dan *ultimate tensile strength* semakin kecil seiring dilakukannya proses pengelasan ulang. Pada *ultimate tensile strength* cenderung menurun seiring proses pengelasan ulang, sedangkan *yield strength* cenderung stabil pada proses pengelasan ulang. Hal tersebut dikarenakan pengaruh *preheat* yang dapat mengurangi tegangan karena *shrinkage* yang berdekatan pada logam las dan logam induk sehingga *yield strength* menjadi stabil. *Ultimate tensile strength* yang semakin menurun membuat selisih dengan *yield strength* menjadi semakin kecil.

Pernyataan pada paragraf sebelumnya pada sub bab ini didukung dengan [Wulandari, 2008] yang melakukan penelitian tentang analisa pengaruh pengelasan ulang terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pada aluminium 5083 dimana material yang tidak mengalami *repair* memiliki kuat tarik tertinggi, sedangkan material yang mengalami *repair* terbanyak memiliki kuat tarik terendah.

4.2. Analisa Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan ini dilakukan dengan bahan uji berjumlah 1 buah per pengelasan ulang, dimana terdapat 3 lokasi pengujian yaitu: *base metal*, HAZ, dan *weld metal* yang mana masing-masing lokasinya terdapat 3 titik pengujian. Dari pengujian yang telah dilakukan maka diperoleh data sebagai berikut:

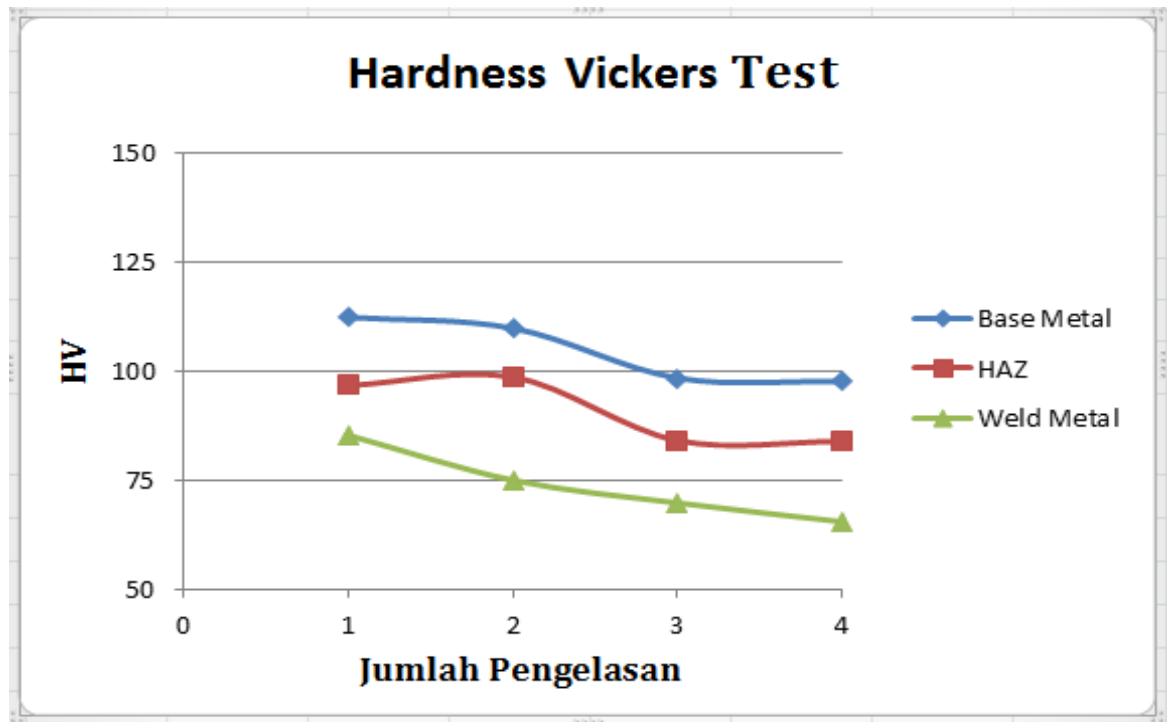
Tabel 4.2. Data Hasil Pengujian Kekerasan.

Pelat	Lokasi Titik	Kode	HV	HV Rata-rata
1 x Pengelasan	Base Metal	Top	109	112.3
		Center	112	
		Bottom	115.9	
	HAZ	Top	98	96.7
		Center	99	
		Bottom	93	
	Weld Metal	Top	91	85.3
		Center	85	
		Bottom	80	

Tabel 4.2. Data Hasil Pengujian Kekerasan. (Continued).

2 x Pengelasan	Base Metal	Top	111.2	109.8
		Center	109.9	
		Bottom	108.2	
	HAZ	Top	96.6	98.6
		Center	98.7	
		Bottom	100.4	
	Weld Metal	Top	74.9	75.0
		Center	77	
		Bottom	73	
3 x Pengelasan	Base Metal	Top	98.4	98.4
		Center	99.3	
		Bottom	97.6	
	HAZ	Top	87.1	84.1
		Center	87.4	
		Bottom	77.7	
	Weld Metal	Top	68.4	69.8
		Center	73.1	
		Bottom	68	
4 x Pengelasan	Base Metal	Top	98.8	97.6
		Center	95.9	
		Bottom	98.2	
	HAZ	Top	85.1	83.9
		Center	82.9	
		Bottom	83.7	
	Weld Metal	Top	61.3	65.5
		Center	69.1	
		Bottom	66	

Dari data hasil pengujian kekerasan yang disajikan pada Tabel 4.2 diatas, dapat dianalisa bahwa nilai kekerasan terbesar dimiliki oleh pelat aluminium 5083 dengan 1 x pengelasan sebesar 112.3 HV pada daerah *base metal*, 85.3 HV pada daerah *weld metal*, dan pada pelat aluminium 5083 dengan 2 x pengelasan sebesar 98.6 HV pada daerah HAZ. Sedangkan nilai kekerasan terkecil dimiliki oleh pelat aluminium 5083 dengan 4 x pengelasan sebesar 97.6 HV pada daerah *base metal*, 65.5 HV pada daerah *weld metal*, dan 83.9 HV pada daerah HAZ.



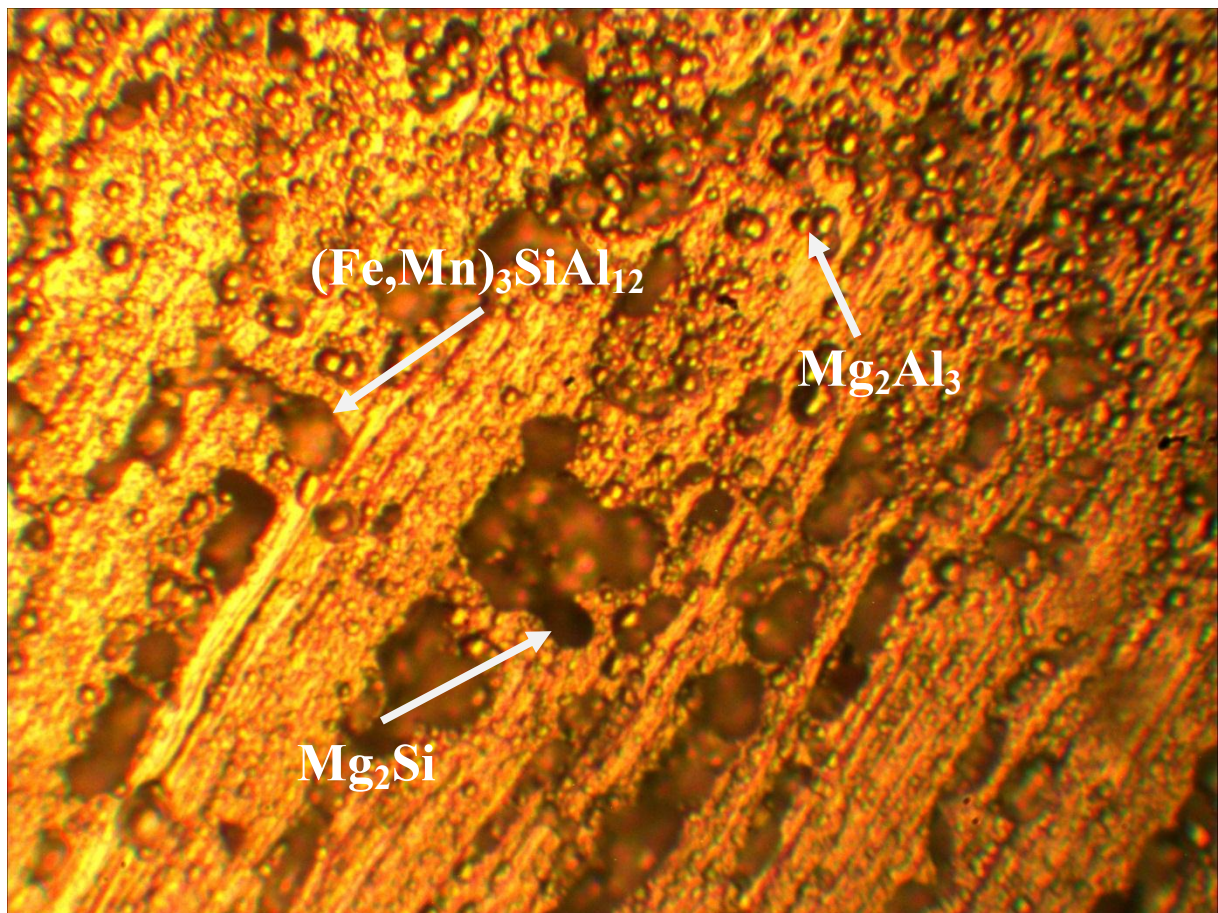
Gambar 4.2. Grafik Hasil Pengujian Kekerasan.

Jika membandingkan hasil pengujian kekerasan pelat aluminium 5083 yang dilakukan 1 x pengelasan (*no repair*) yang memiliki nilai kekerasan sebesar 112.3 HV pada daerah *base metal*, 96.7 HV pada daerah HAZ, dan 85.3 HV pada daerah *weld metal*, dengan pelat aluminium 5083 yang dilakukan 4 x pengelasan (3 x *repair*) yang memiliki nilai kekerasan sebesar 97.6 HV pada daerah *base metal*, 83.9 HV pada daerah HAZ, dan 65.5 HV pada daerah *weld metal*, maka terlihat bahwa secara keseluruhan nilai kekerasan material berkurang seiring dilakukannya pengelasan ulang. Hal ini disebabkan material menerima pengaruh panas yang berlebih dimana semakin banyak dilakukan pengelasan ulang nilai kekerasan material menjadi berkurang. Hal tersebut diperjelas pada Gambar 4.2 bahwa nilai kekerasan *weld metal* sangat rendah jika dibandingkan nilai kekerasan *base metal* dan HAZ. *Weld metal* merupakan lokasi yang paling banyak menerima panas sehingga nilai kekerasannya menjadi lebih rendah dibanding *base metal* dan HAZ.

Pada Gambar 4.2 terlihat penurunan nilai kekerasan pada setiap pengelasan ulang tidak terlalu signifikan. Hal tersebut dikarenakan pengaruh *preheat* yang dapat mengurangi tegangan karena *shrinkage* yang berdekatan pada logam las dan logam induk sehingga penurunan nilai kekerasan tidak terlalu signifikan.

4.3. Analisa Hasil Pengujian Struktur Mikro

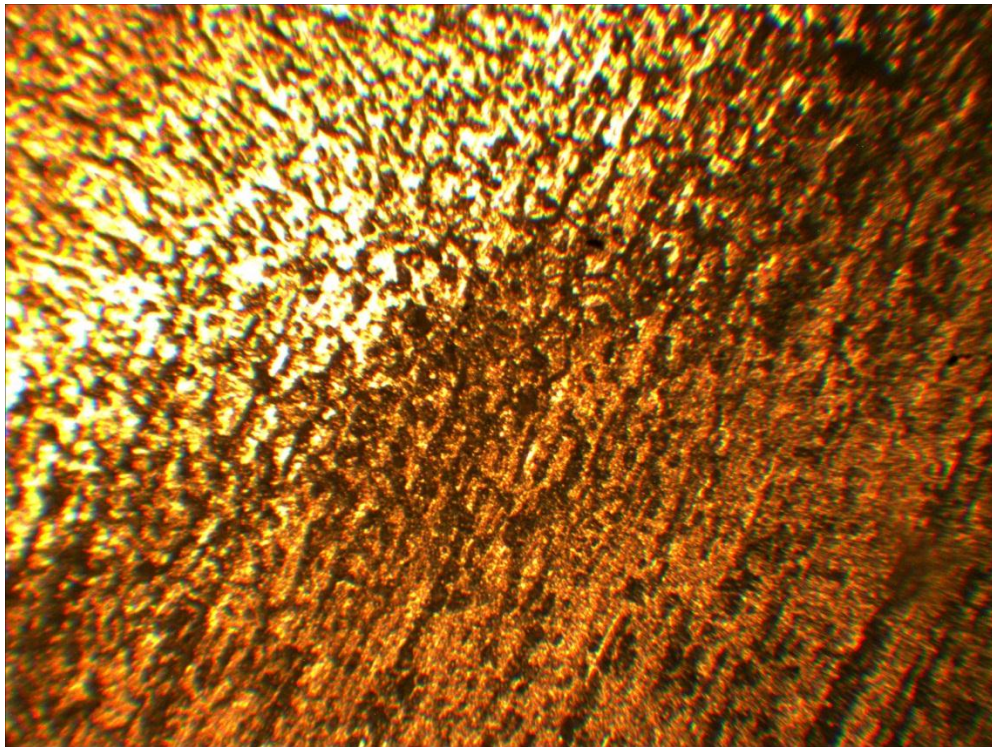
Pengujian *Metallography* dilakukan untuk mengetahui struktur mikro material hasil pengelasan. Pengamatan terhadap struktur mikro dilakukan pada daerah HAZ dan *weld metal*. Pengujian struktur mikro dilakukan dengan *optical microscope*. Menurut [ASM International Volume 9, 1990], partikel hitam yang terpisah merata pada matrik aluminium adalah Mg_2Si , partikel yang berwarna abu-abu adalah $(\text{Fe,Mn})_3\text{SiAl}_{12}$, dan partikel yang berwarna kebiru-biruan adalah Mg_2Al_3 . Partikel Mg_2Si cenderung membuat material semakin ulet atau tangguh, partikel $(\text{Fe,Mn})_3\text{SiAl}_{12}$ cenderung membuat material menjadi *brittle*, dan partikel Mg_2Al_3 berpengaruh terhadap ketangguhan material.



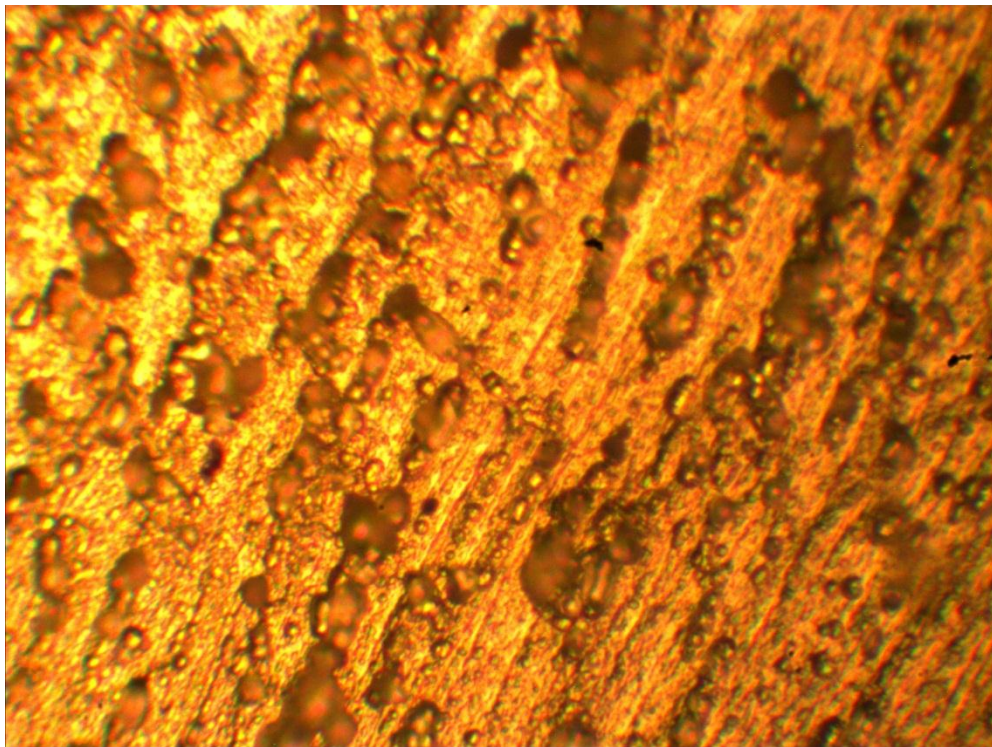
Gambar 4.3. Foto Struktur Mikro Daerah HAZ.

Berikut ini adalah hasil pengujian struktur mikro pengelasan ulang aluminium 5083 pada daerah HAZ dan *weld metal*:

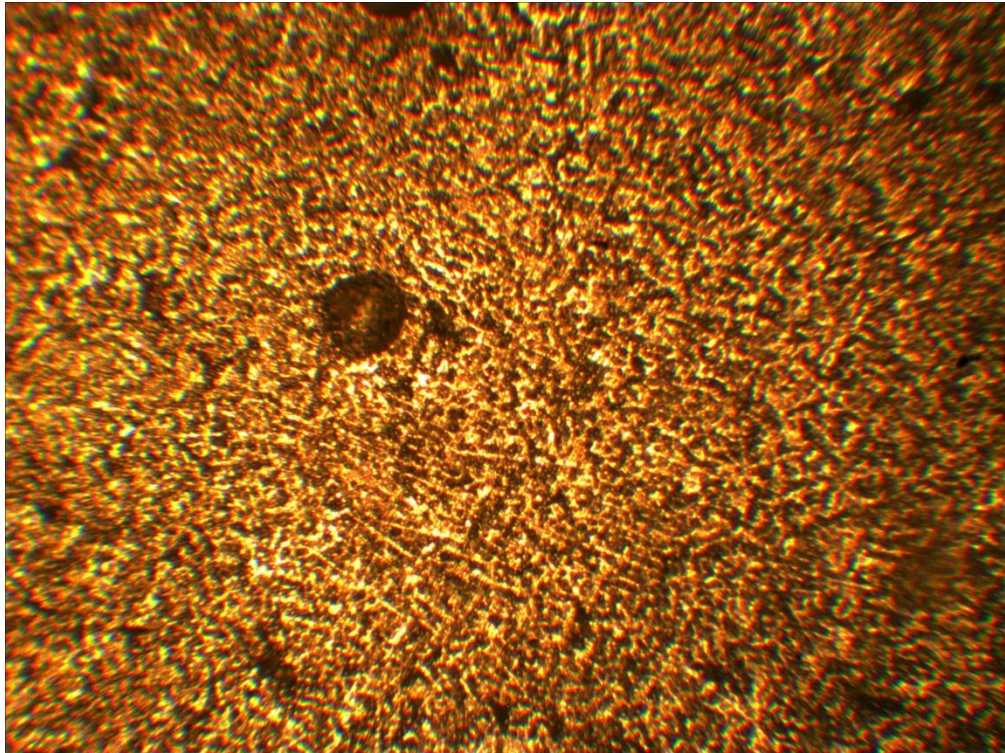
4.3.1. Foto Mikro Pada 1 x Pengelasan



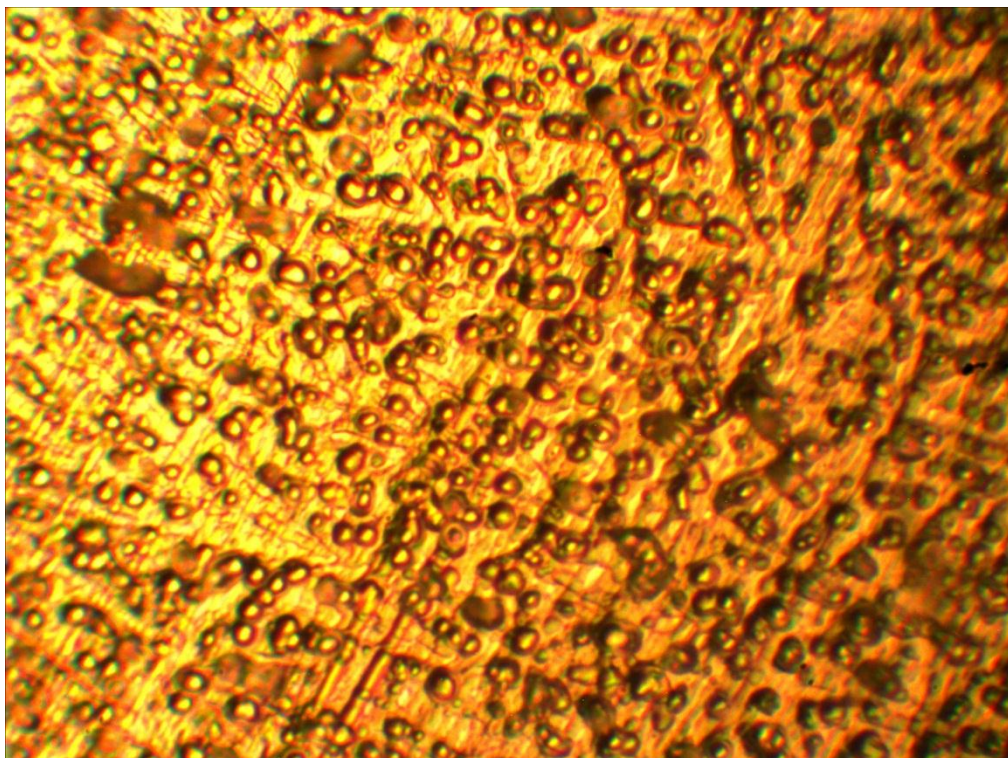
Gambar 4.4. Foto Mikro Daerah HAZ, *Keller's Reagent*, Perbesaran 100x.



Gambar 4.5. Foto Mikro Daerah HAZ, *Keller's Reagent*, Perbesaran 400x.

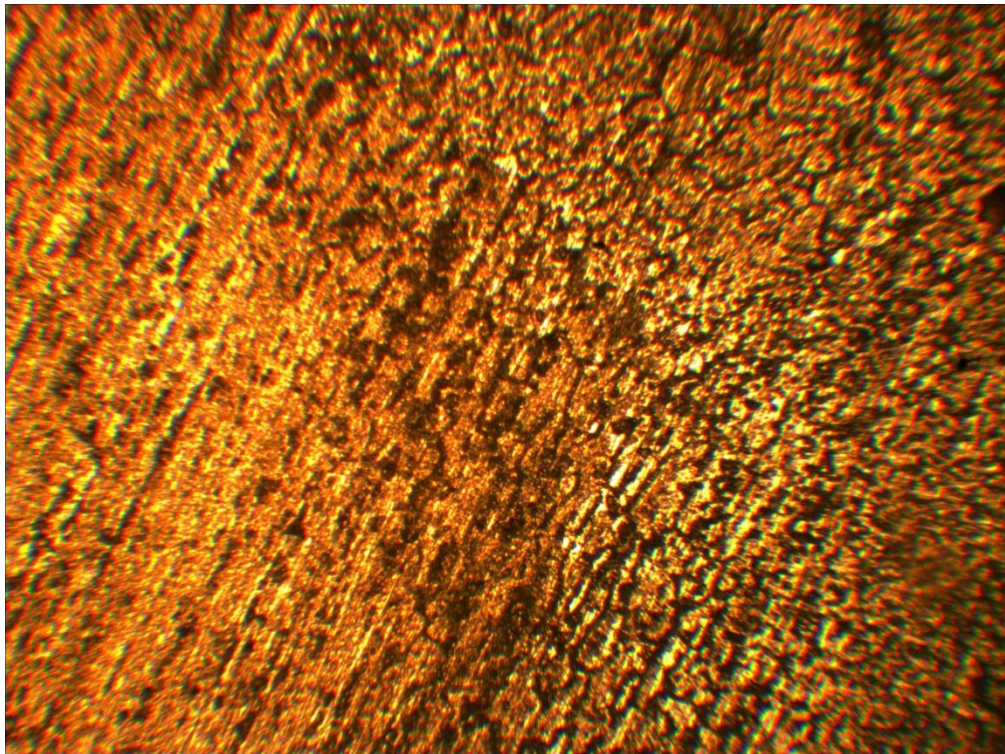


Gambar 4.6. Foto Mikro Daerah *Weld Metal*, *Keller's Reagent*, Perbesaran 100x.

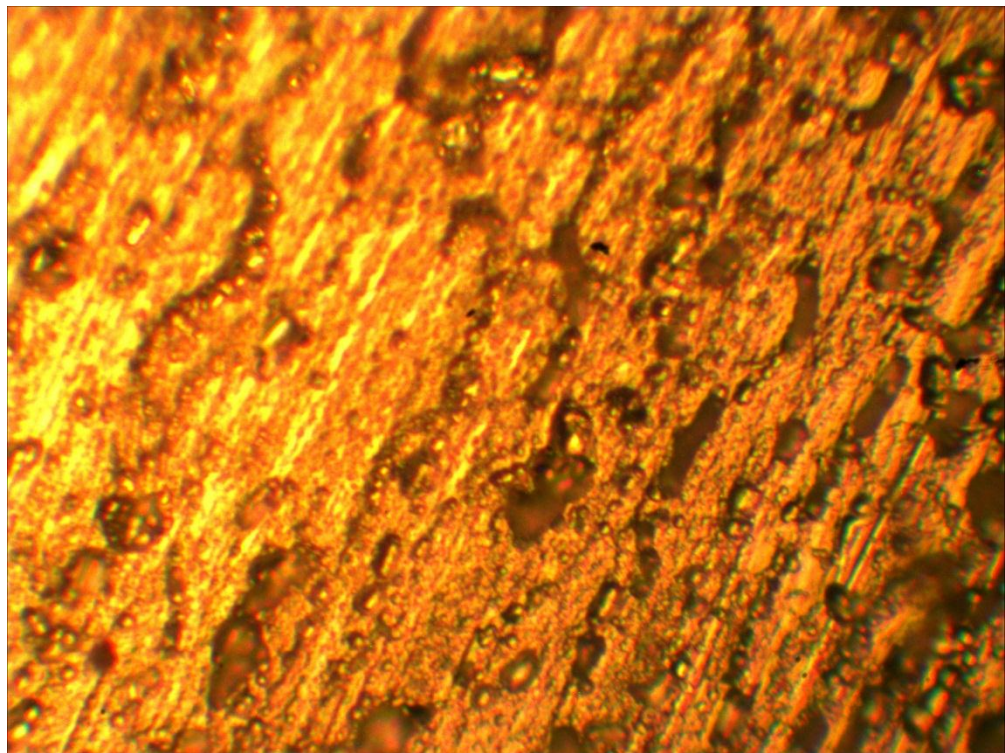


Gambar 4.7. Foto Mikro Daerah *Weld Metal*, *Keller's Reagent*, Perbesaran 400x.

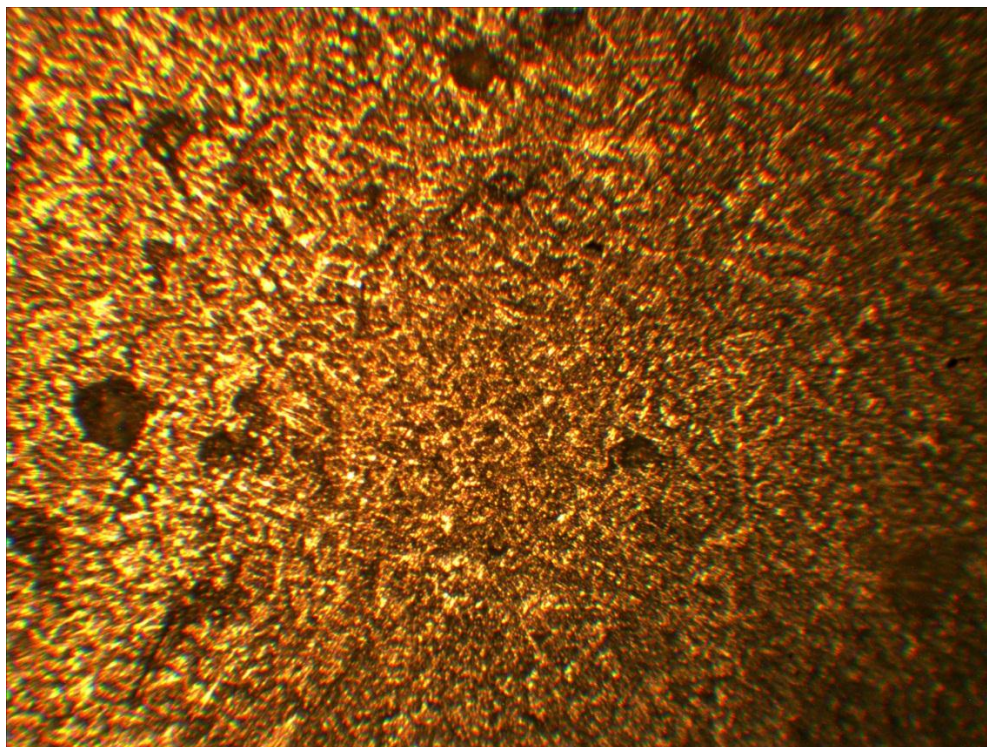
4.3.2. Foto Mikro Pada 2 x Pengelasan



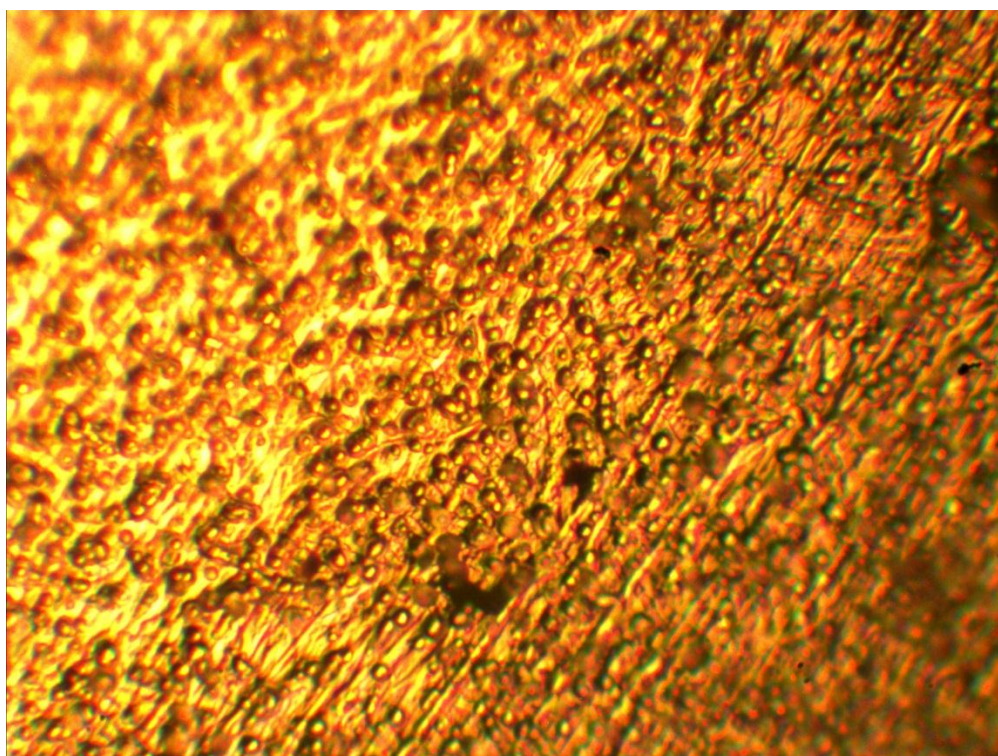
Gambar 4.8. Foto Mikro Daerah HAZ, *Keller's Reagent*, Perbesaran 100x.



Gambar 4.9. Foto Mikro Daerah HAZ, *Keller's Reagent*, Perbesaran 400x.

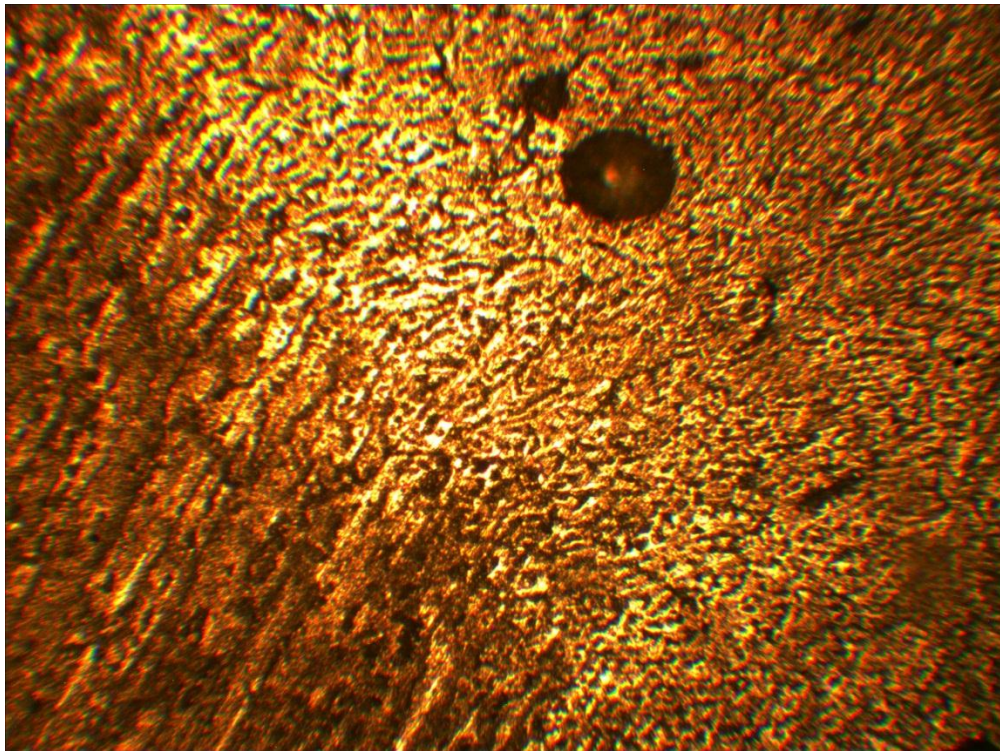


Gambar 4.10. Foto Mikro Daerah *Weld Metal*, *Keller's Reagent*, Perbesaran 100x.

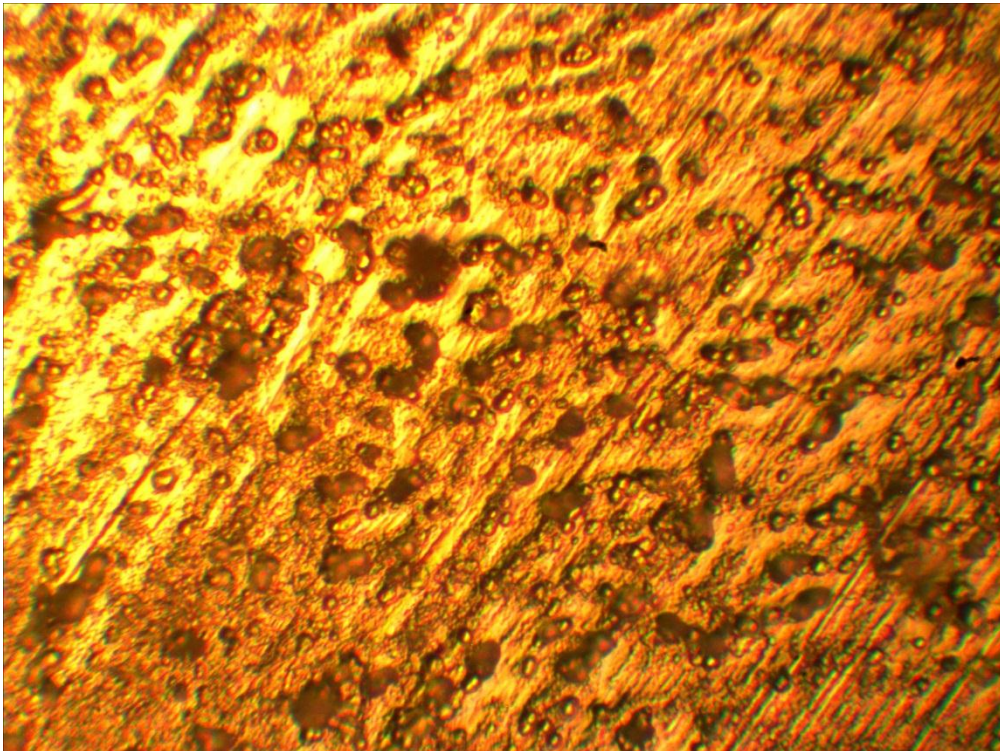


Gambar 4.11. Foto Mikro Daerah *Weld Metal*, *Keller's Reagent*, Perbesaran 400x.

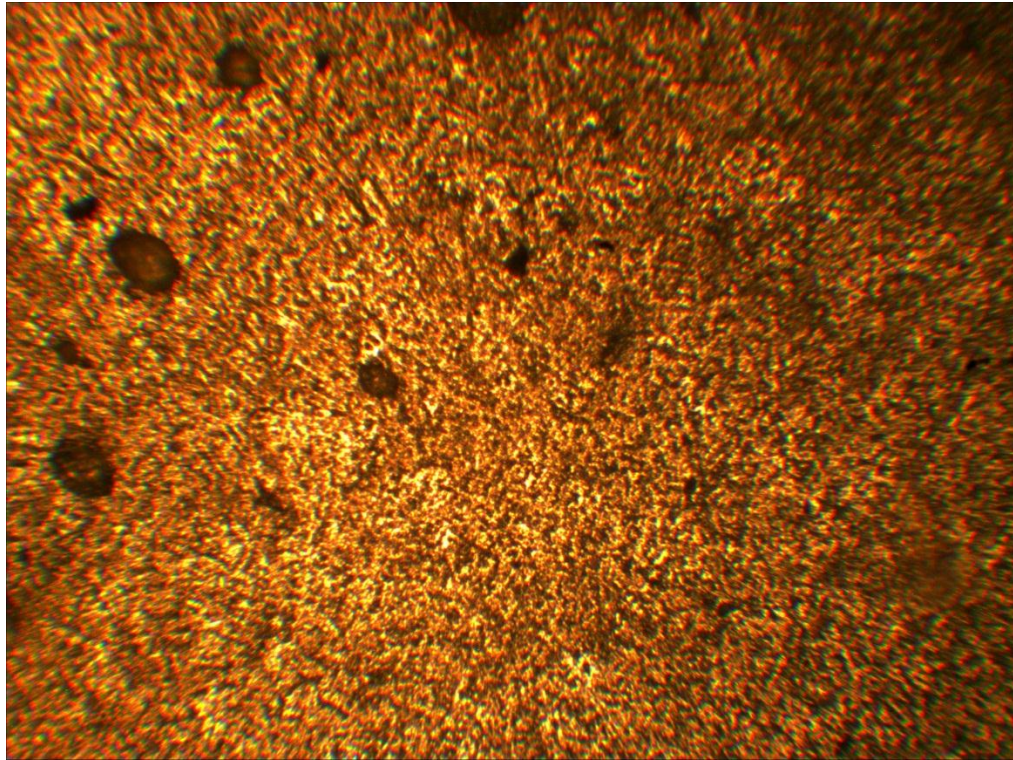
4.3.3. Foto Mikro Pada 3 x Pengelasan



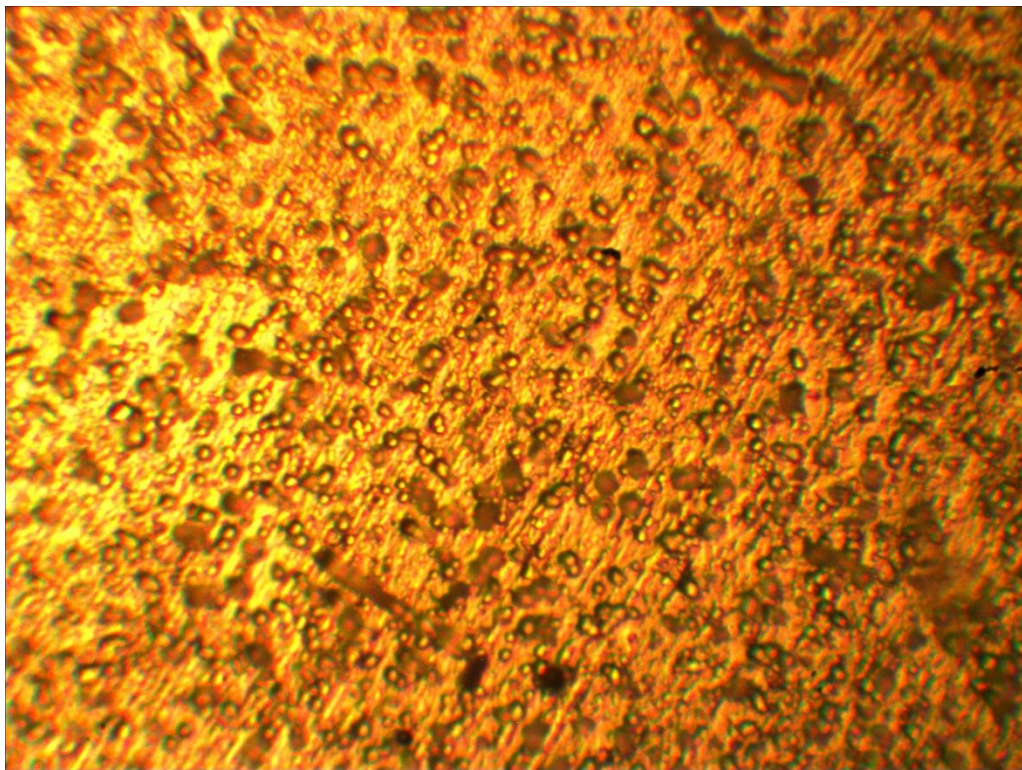
Gambar 4.12. Foto Mikro Daerah HAZ, *Keller's Reagent*, Perbesaran 100x.



Gambar 4.13. Foto Mikro Daerah HAZ, *Keller's Reagent*, Perbesaran 400x.

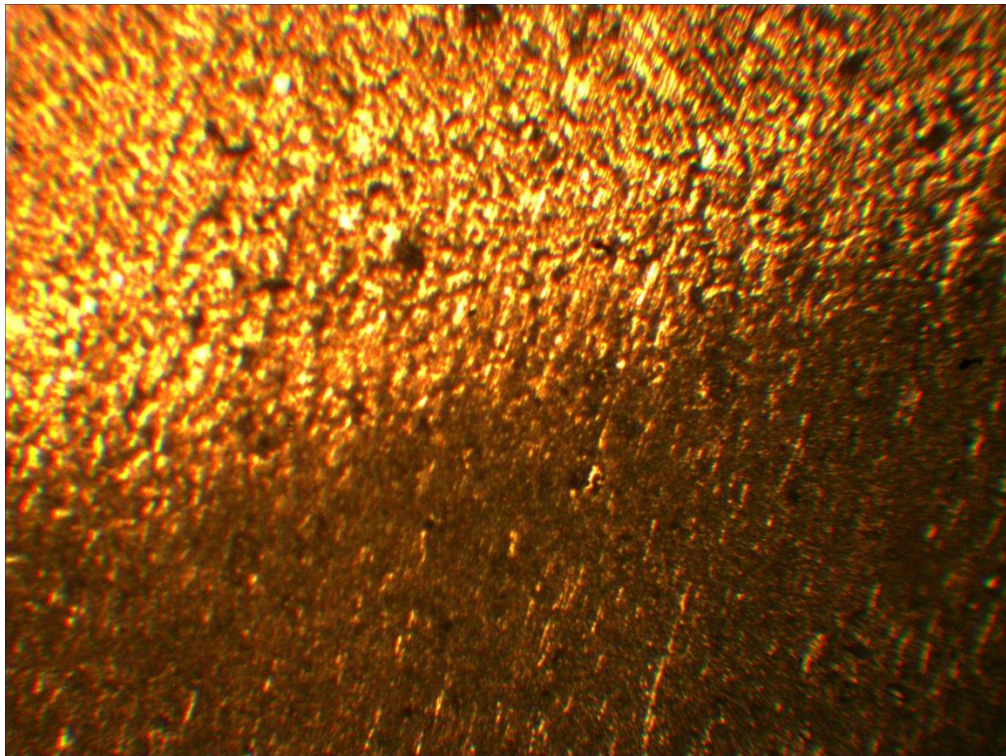


Gambar 4.14. Foto Mikro Daerah *Weld Metal*, *Keller's Reagent*, Perbesaran 100x.

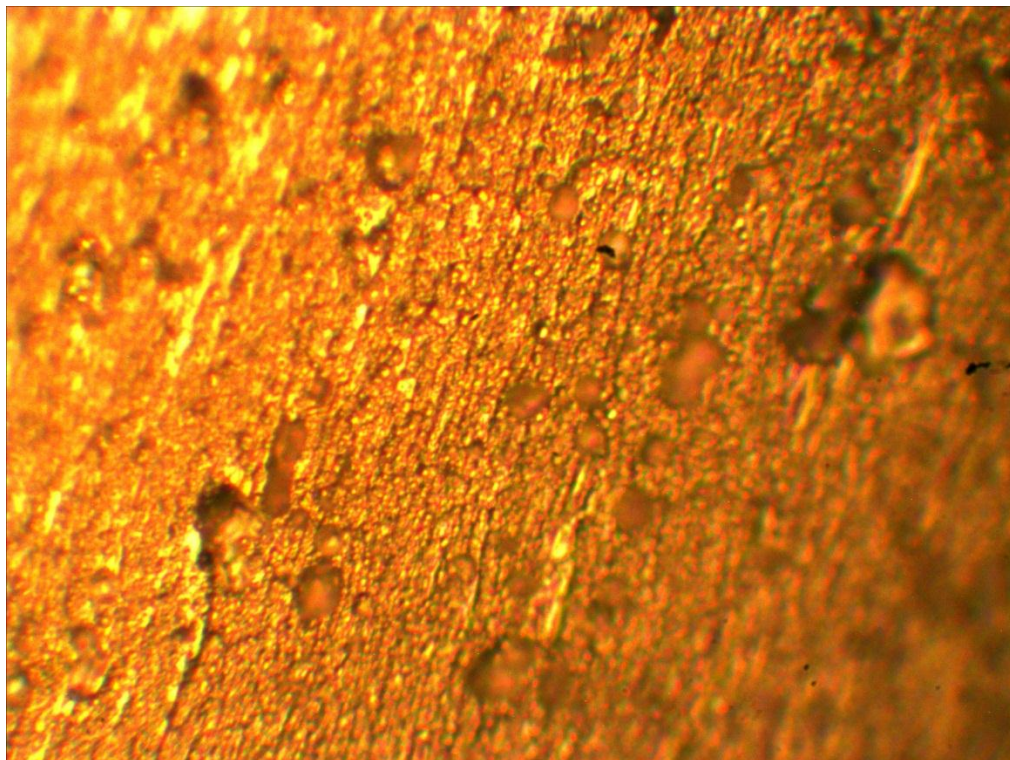


Gambar 4.15. Foto Mikro Daerah *Weld Metal*, *Keller's Reagent*, Perbesaran 400x.

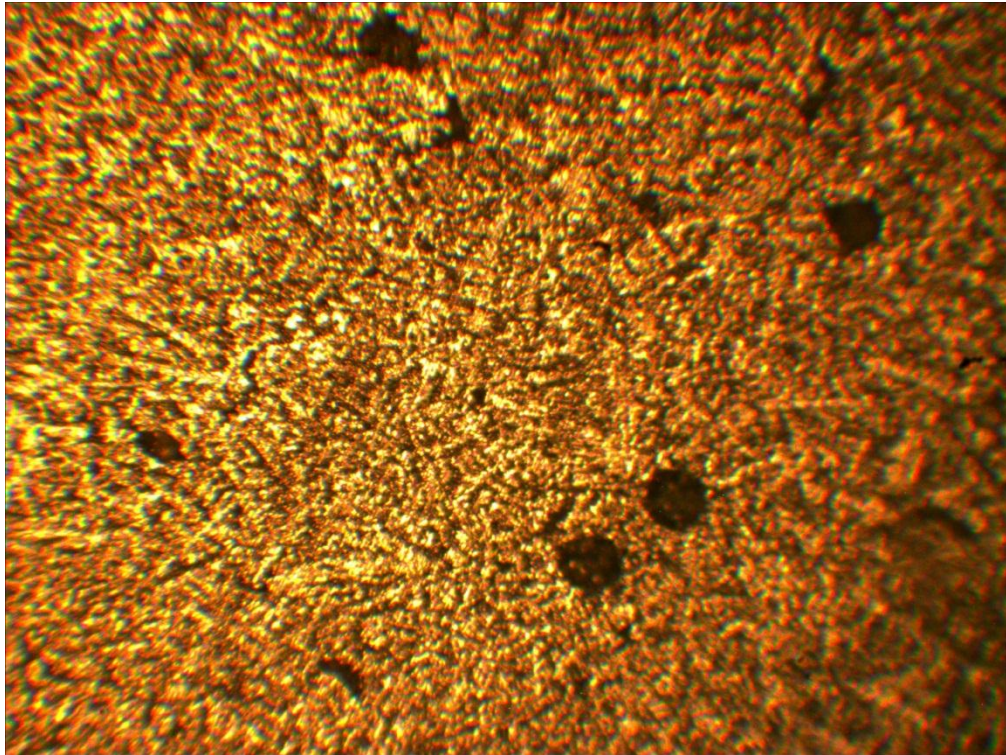
4.3.4. Foto Mikro Pada 4 x Pengelasan



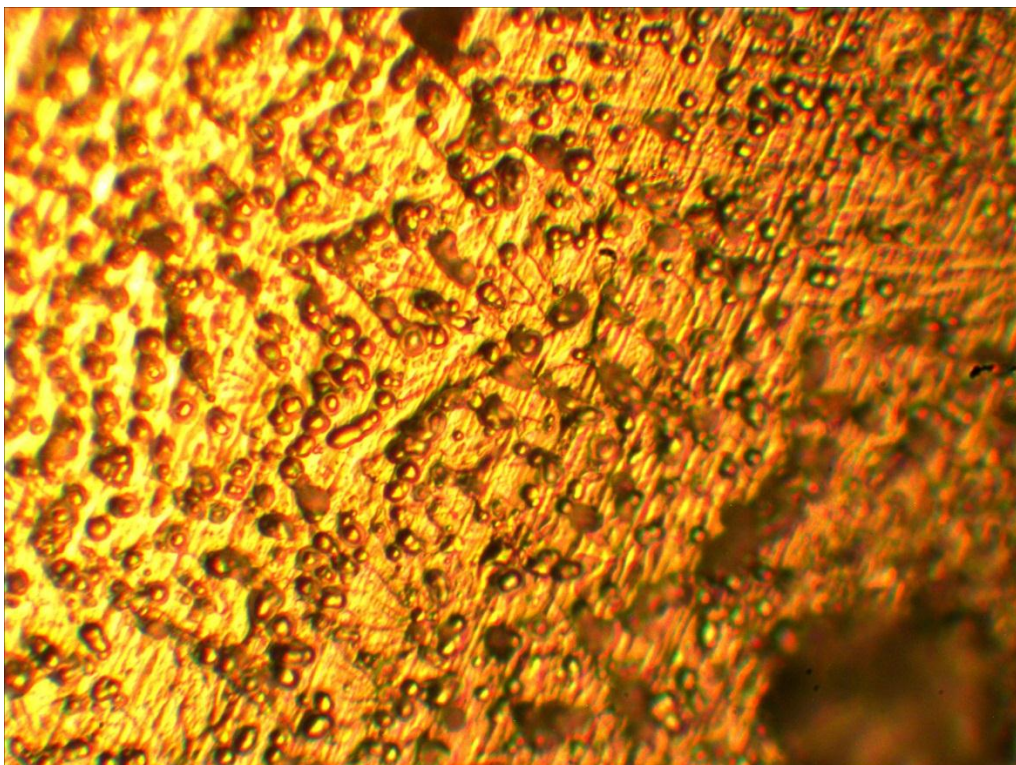
Gambar 4.16. Foto Mikro Daerah HAZ, *Keller's Reagent*, Perbesaran 100x.



Gambar 4.17. Foto Mikro Daerah HAZ, *Keller's Reagent*, Perbesaran 400x.



Gambar 4.18. Foto Mikro Daerah *Weld Metal*, *Keller's Reagent*, Perbesaran 100x.

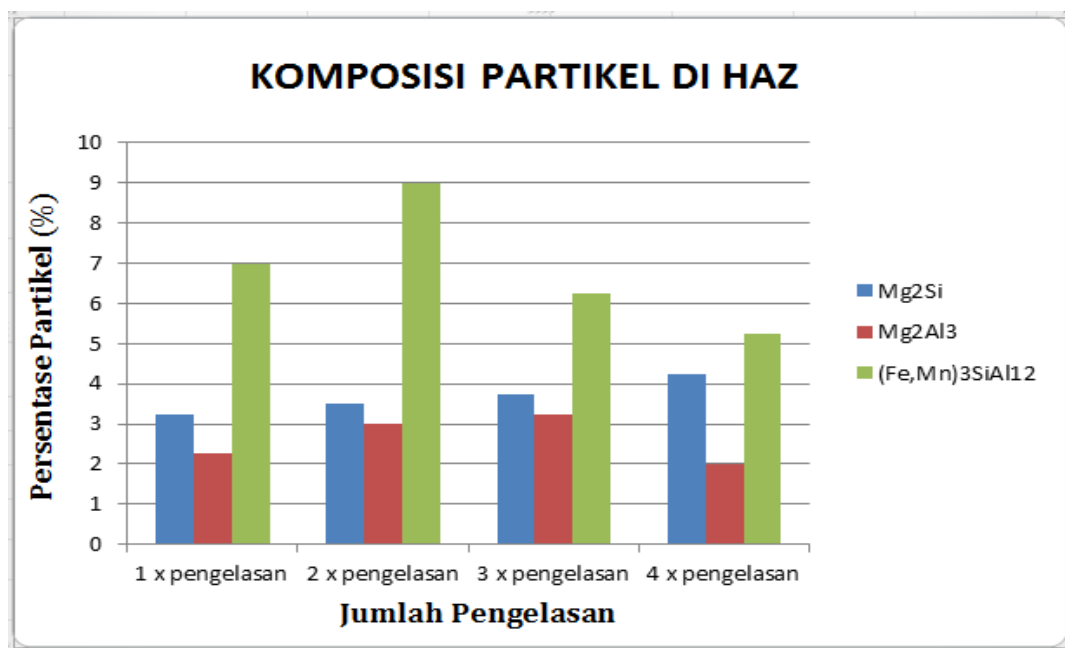


Gambar 4.19. Foto Mikro Daerah *Weld Metal*, *Keller's Reagent*, Perbesaran 400x.

Tabel 4.3. Rekapitulasi Persentase Partikel.

Daerah	Nama Spesimen	Mg ₂ Si (%)	Mg ₂ Al ₃ (%)	(Fe,Mn) ₃ SiAl ₁₂ (%)
HAZ	1 x pengelasan	3.25	2.25	7
	2 x pengelasan	3.5	3	9
	3 x pengelasan	3.75	3.25	6.25
	4 x pengelasan	4.25	2	5.25
WM	1 x pengelasan	4.5	22.25	4.25
	2 x pengelasan	4	18.5	3.75
	3 x pengelasan	3.5	12.5	3.25
	4 x pengelasan	3.75	7.25	2.5

Untuk menentukan persentase partikel pada tabel diatas mengacu pada ASTM E 562 *Standard Test Method for Determining Volume Fraction by Systematic Manual Point Count*.

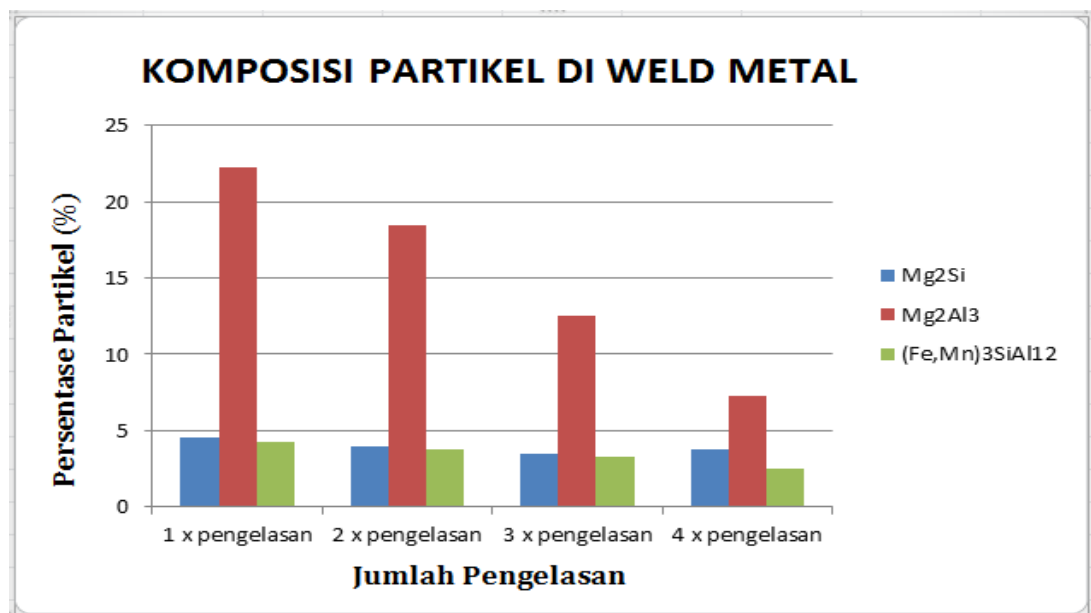


Gambar 4.20. Grafik Komposisi Partikel Pada Daerah HAZ.

Perubahan struktur mikro pada proses pengelasan tidak terlepas dari panas yang dihasilkan selama proses pengelasan. Perubahan struktur mikro terjadi pada daerah HAZ. Daerah ini merupakan daerah *base metal* yang terkena pengaruh panas. Pada daerah HAZ tampak partikel yang berwarna hitam. Partikel ini mengandung unsur magnesium dan silikon.

Unsur Mg akan bersenyawa dengan Si yang merupakan unsur tambahan *filler metal*. Pada Gambar 4.20 terlihat bahwa partikel Mg_2Si semakin meningkat seiring dilakukannya pengelasan ulang. Semakin banyak komposisi partikel Mg_2Si maka semakin tinggi *ductile* dan tingkat kekerasan semakin rendah. Partikel Mg_2Al_3 cenderung lebih stabil pada daerah HAZ. Hal tersebut disebabkan komposisi Mg_2Al_3 di daerah HAZ lebih sedikit dibandingkan daerah *weld metal*. Partikel $(Fe,Mn)_3SiAl_{12}$ memiliki komposisi partikel yang lebih besar dibanding partikel lainnya. Hal tersebut dikarenakan daerah HAZ merupakan daerah krusial yang menerima panas sehingga terjadi kenaikan partikel $(Fe,Mn)_3SiAl_{12}$ pada material dengan 1 x pengelasan. Seiring dilakukannya pengelasan ulang komposisi partikel $(Fe,Mn)_3SiAl_{12}$ semakin menurun.

Material aluminium 5083 memiliki unsur seperti Al, Mg, Mn, Si, Cr, Ti, Zn, dan Cu dengan jumlah komposisi partikel yang berbeda-beda. Saat proses pengelasan berlangsung, panas dari pengelasan menyebabkan unsur magnesium cenderung bereaksi dengan unsur lainnya sehingga membentuk sebuah partikel seperti Mg_2Si maupun Mg_2Al_3 . Pembentukan partikel tersebut menyebabkan jumlah komposisi dari setiap unsur material aluminium 5083 mengalami perubahan. Perubahan tersebut dapat berupa pengurangan maupun penambahan jumlah komposisi dari setiap unsur material aluminium 5083.



Gambar 4.21. Grafik Komposisi Partikel Pada Daerah *Weld Metal*.

Partikel Mg_2Al_3 memiliki komposisi yang relatif tinggi jika dibandingkan dengan partikel lainnya. Hal tersebut disebabkan komposisi *filler metal* memiliki partikel Mg_2Al_3

yang lebih dominan sehingga partikel Mg_2Al_3 cenderung lebih banyak. Sedangkan partikel Mg_2Si dan $(Fe,Mn)_3SiAl_{12}$ cenderung lebih stabil dikarenakan pada daerah *weld metal* partikel yang mendominasi adalah Mg_2Al_3 . Terjadi penurunan komposisi partikel Mg_2Al_3 seiring dilakukannya pengelasan ulang. Hal tersebut disebabkan pengaruh panas yang diterima material semakin meningkat seiring dilakukannya pengelasan ulang.

4.4. Analisa Hasil Keseluruhan Pengujian

Dari seluruh pengujian yang dilakukan, tersajikan data hasil pengujian masing-masing. Untuk itu diperlukan analisa keseluruhan data dari setiap hasil pengujian tersebut untuk membandingkan secara langsung. Berikut adalah rekapitulasi seluruh hasil pengujian:

Tabel 4.4. Rekapitulasi Seluruh Hasil Pengujian.

			1 x pengelasan	2 x pengelasan	3 x pengelasan	4 x pengelasan
Tensile Test		σ Yield [N/mm ²]	205.3	163.64	157.5	154.61
		σ Ultimate [N/mm ²]	243.86	222.13	176.29	161.24
Hardness Test		Base Metal (HV)	112.3	109.8	98.4	97.6
		HAZ (HV)	96.7	98.6	84.1	83.9
		Weld Metal (HV)	85.3	75	69.8	65.5
Struktur Mikro	Mg_2Si (%)	HAZ	3.25	3.5	3.75	4.25
		Weld Metal	4.5	4	3.5	3.75
	Mg_2Al_3 (%)	HAZ	2.25	3	3.25	2
		Weld Metal	22.25	18.5	12.5	7.25
	$(Fe,Mn)_3SiAl_{12}$ (%)	HAZ	7	9	6.25	5.25
		Weld Metal	4.25	3.75	3.25	2.5

Pada pengujian tarik dapat dilihat bahwa *ultimate tensile strength* semakin menurun seiring dilakukannya pengelasan ulang, sedangkan *yield strength* cenderung stabil. Hal tersebut disebabkan pengaruh dari proses *preheat* yang dapat mengurangi tegangan karena *shrinkage* yang berdekatan pada logam las dan logam induk. Dengan kata lain, *preheat* sangat mempengaruhi nilai *yield strength* sehingga selisih dengan *ultimate tensile strength* semakin kecil. Ditinjau dari segi kekerasan, *preheat* maupun pengelasan ulang menyebabkan nilai kekerasan pada material aluminium 5083 semakin menurun karena semakin banyak masukan panas seiring dilakukannya pengelasan ulang.

Kekuatan logam las sangat berkaitan dengan komposisi struktur dari logam las. Keuletan atau ketangguhan material aluminium 5083 dipengaruhi oleh jumlah magnesium silikat (Mg_2Si). Semakin banyak partikel Mg_2Si maka kekerasan dari material semakin menurun. Partikel Mg_2Al_3 mengalami penurunan seiring dengan naiknya masukan panas pada logam las. Partikel $(\text{Fe,Mn})_3\text{SiAl}_{12}$ cenderung membuat material menjadi *brittle*. Jadi, semakin sering dilakukan reparasi maka kandungan partikel Mg_2Si akan semakin banyak.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian tarik, pengujian kekerasan, pengujian struktur mikro, serta menganalisa hasil pengujian, diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Dari hasil pengujian tarik dapat disimpulkan bahwa terjadi penurunan nilai *ultimate tensile strength* setiap dilakukan proses pengelasan ulang. Nilai *ultimate tensile strength* tertinggi sebesar 243.86 N/mm² dan terendah sebesar 161.24 N/mm². *Preheat* berpengaruh pada *yield strength* sehingga nilainya lebih stabil setiap dilakukan proses pengelasan ulang. Nilai *yield strength* tertinggi sebesar 205.30 N/mm² dan terendah sebesar 154.61 N/mm².
2. Dari hasil pengujian struktur mikro dapat diketahui bahwa semakin sering dilakukannya proses pengelasan ulang maka komposisi partikel Mg₂Si akan terus meningkat. Partikel Mg₂Al₃ mengalami penurunan pada daerah *weld metal* karena pengaruh *preheat* dan pengelasan ulang sehingga jumlah masukan panas semakin meningkat seiring dilakukannya proses pengelasan ulang. Partikel (Fe,Mn)₃SiAl₁₂ cenderung lebih stabil dan komposisi terbanyak pada daerah HAZ.
3. Dari hasil pengujian kekerasan diperoleh nilai kekerasan tertinggi dimiliki oleh *base metal* dan kekerasan terendah dimiliki oleh *weld metal*. Nilai kekerasan tertinggi pada *weld metal* sebesar 85.3 HV dan nilai kekerasan terendah pada *weld metal* sebesar 65.5 HV. *Preheat* maupun pengelasan ulang menyebabkan nilai kekerasan material aluminium 5083 menurun, tetapi tidak terlalu signifikan.

5.2. Saran

Saran yang dapat diajukan agar percobaan berikutnya dapat lebih baik dan dapat menyempurnakan percobaan yang telah dilakukan dalam tugas akhir ini adalah:

1. Melakukan pengujian *impact* untuk mengetahui ketangguhan material.
2. Menganalisa cacat las.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, S. (2008). *"Analisa Pengaruh Pengelasan Ulang Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Pada Baja Tahan Karat Austenitic AISI 304"*. Surabaya: Jurusan Teknik Perkapalan, ITS.
- Academia. (t.thn.). *Sifat Mekanik Logam* [Online]. Available: http://www.academia.edu/6302170/SIFAT_MEKANIK_LOGAM.
- Alat Uji. (t.thn.). *What Is Hardness Test (Uji Kekerasan)* [Online]. Available: <http://www.alatuji.com/article/detail/3/what-is-hardness-test-uji-kekerasan-#.VKBFbBgo>.
- Alcoa. (t.thn.). *General Engineering Plates: 5xxx Aluminium Plate* [Online]. Available: https://www.alcoa.com/mill_products/europe/en/product.asp?cat_id=1498&prod_id=2910.
- Anderson, T. (2008). *"Understanding The Aluminium Alloys"*. Michigan: ESAB Group.
- Ardra. (t.thn.). *Pengujian Pengamatan Metalografi* [Online]. Available: <http://ardra.biz/sain-teknologi/metalurgi/besi-baja-iron-steel/pengujian-pengamatan-metalografi/>.
- Artikel Teknik Mesin. (2014, October 30). *Proses Pengujian Tarik* [Online]. Available: <http://www.teknikmesin.org/proses-pengujian-tarik/>.
- ASM International. (1990). *"ASM Metal Handbook Volume 2 Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special Purpose Materials"*. Ohio: ASM International Handbook Committee.
- ASM International. (1991). *"ASM Metal Handbook Volume 4 Heat Treating"*. Ohio: ASM International Handbook Committee.
- ASM International. (2004). *"ASM Metal Handbook Volume 9 Metallography and Microstructures"*. Ohio: ASM International Handbook Committee.
- ASM MATWEB. (t.thn.). *Aluminium 5083-O* [Online]. Available: <http://asm.matweb.com/search/SpecificMaterial.asp?bassnum=MA5083O>.
- Asoosiasi Pengelasan Indonesia. (t.thn.). *Informasi Teknologi Pengelasan* [Online]. Available: <http://www.api-iws.org/informasi-teknologi-pengelasan.html>.
- ASTM E 562. (2011). *"Standard Test Method for Determining Volume Fraction by Systematic Manual Point Count"*. West Conshohocken: ASTM International.

- AWS D.1.2. (2003). *"Structural Welding Code-Aluminium"*. Miami: American Welding Society.
- Biro Klasifikasi Indonesia Volume VI. (2009). *"Rules For Welding"*. Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia.
- Engineering Tool Box. (t.thn.). *Heat Transfer Measurement* [Online]. Available: http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html.
- Funderburk, R. S. (1999, August 6). *Weldment Preheating & Interpass Temperature* [Online]. Available: https://www.mwsc.com/kb/kb_frameset.asp?ArticleID=73.
- Hirsch, J. (2010). *Material Science & Engineering* [Online]. Available: <http://aluminium.matter.org.uk/content/html/eng/default.asp?catid=208&pageid=2144416605>.
- Jones, D. (2014, June). *Proses Las Gas Metal Arc Welding (GMAW)* [Online]. Available: <http://www.pengelasan.com/2014/06/proses-las-gmaw-gas-metal-arc-welding.html>.
- Mairodi. (2013, January 18). *Oxy Acetylene Welding* [Online]. Available: <http://mairodi-training.com/oxy-acetylene-welding-las-asetilin/>.
- Prasetyo, B. D. (2010). *"Studi Variasi Pengelasan Ulang Terhadap Cacat Las Dan Kekerasan Material Aluminium 5083"*. Surabaya: Jurusan Teknik Perkapalan, ITS.
- Sastranegara, A. (2009, September 8). *Mengenal Uji Tarik dan Sifat-Sifat Mekanik Logam* [Online]. Available: <http://www.infometrik.com/2009/09/mengenal-uji-tarik-dan-sifat-sifat-mekanik-logam/>.
- Suherman, W. (1988). *"Ilmu Logam"*. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin, ITS.
- Sunaryo, H. (2008). *"Teknik Pengelasan Kapal"*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Wulandari, R. B. (2008). *"Analisa Pengaruh Pengelasan Ulang Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Pada Aluminium 5083"*. Surabaya: Jurusan Teknik Perkapalan, ITS.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A



Berikut adalah lampiran mengenai peralatan dan bahan yang digunakan selama proses penelitian, dimulai dari peralatan dan bahan pembuatan spesimen, pembuatan spesimen uji, dan peralatan saat proses pengujian dilakukan.





Peralatan Penelitian

No	Nama Bahan	Gambar
1	Aluminium 5083	
2	Mesin Frais/ <i>Milling</i>	
3	Batu Gerinda	


4	Kertas Gosok	
5	Bahan Etsa Material	

Peralatan Pengelasan

No	Nama Alat	Gambar
1	Mesin Las GMAW	
2	Kawat Las ER 5356	


3	<i>Oxy Acetylene Gas</i>	
4	<i>Torch</i>	
5	<i>Pengukur Suhu</i>	
6	<i>Welding Helmet</i>	

Peralatan Persiapan Material Uji

No	Nama Alat	Gambar
1	Mesin Gergaji	
2	Mesin Gerinda	
3	Ragum	
4	Mesin Poles	

5	Kikir	
6	Jangka Sorong	
7	<i>Hair Dryer</i>	


Peralatan Uji Tarik

No	Nama Alat	Gambar
1	<i>Universal testing Machine</i>	

Peralatan Uji Metalografi

No	Nama Alat	Gambar
1	Kamera Foto Makro	
2	<i>Optical Microscope</i>	

Peralatan Uji Kekerasan *Vickers*

No	Nama Alat	Gambar
1	Alat uji kekerasan <i>vickers</i>	

LAMPIRAN B

Berikut adalah lampiran mengenai proses pengelasan yang dilakukan selama penelitian. Proses pengelasan dilakukan di galangan Bintang Timur Samudra, Madura.



Gambar 1. Pengukuran Temperatur Pada Saat *Preheat*.



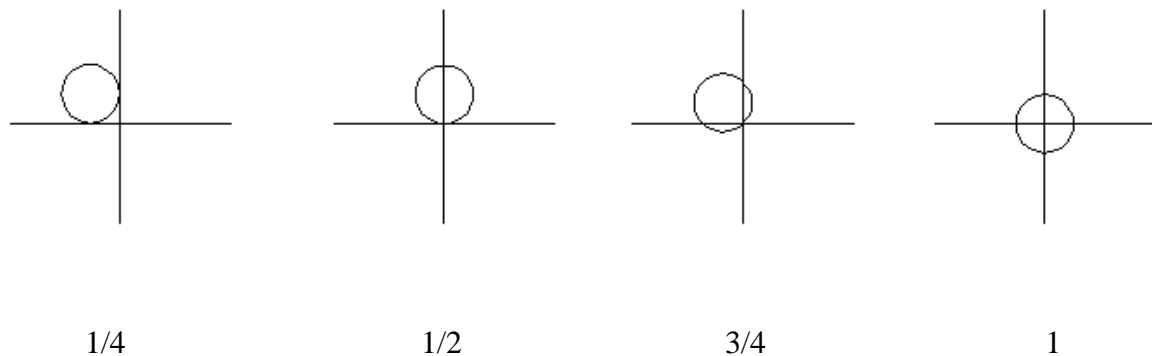
Gambar 2. Proses Pengelasan GMAW.

LAMPIRAN C

Lampiran ini berisi tentang data-data yang mendukung tugas akhir dan data yang diperoleh dari hasil pengujian spesimen.

Metode *Point Counting* Didasarkan Pada (ASTM E 562)

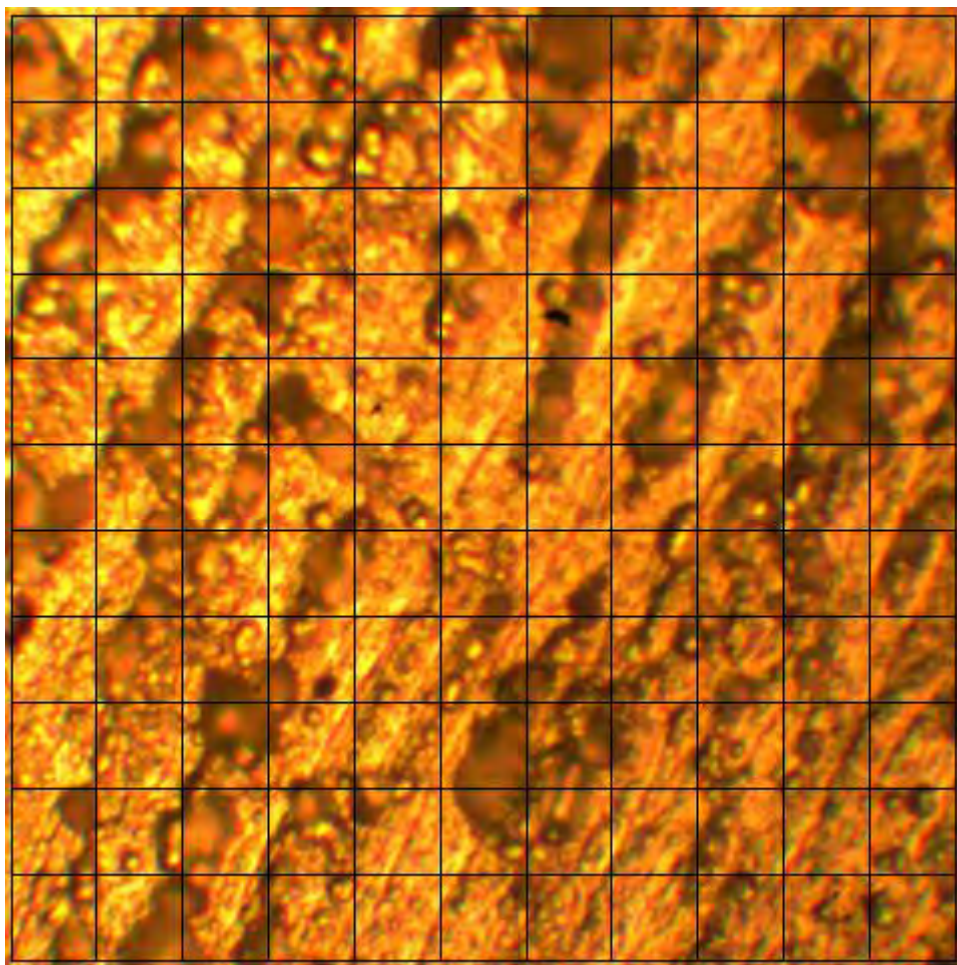
Sebelum melakukan perhitungan, kita terlebih dahulu membagi hasil foto mikro ke dalam kotak-kotak sehingga terdapat titik atau *point* yang terlihat seperti pada gambar 4. Jumlah *point* atau titik yang berada pada foto mikro diusahakan merupakan bilangan yang dapat diakarkan, umumnya titik tersebut berjumlah 16, 25, 49, 64, atau 100 *point* dan pemilihannya tergantung dari kerapatan dari partikel yang akan dihitung. Semakin rapat maka jumlah *point* yang digunakan semakin sedikit. Perhitungan dilakukan untuk tiap partikel yang bersinggungan dengan titik atau *point* dengan kriteria nilai sebagai berikut:



Gambar 3. Kriteria Penilaian *Point Counting*.

Setelah itu dilakukan perhitungan untuk mengetahui persentase jumlah dari masing-masing partikel dengan menggunakan rumus:

$$Pp\alpha = \frac{\Sigma P\alpha}{P_t} = \frac{\Sigma \text{point } \alpha}{\text{total point s}}$$

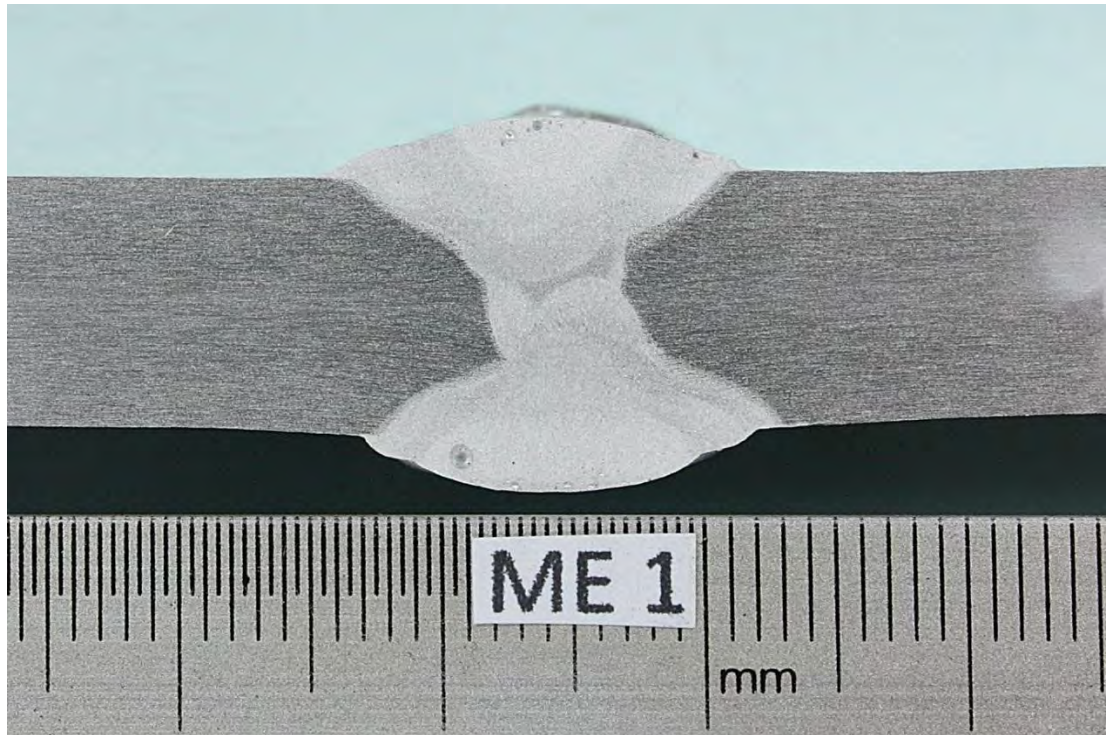


Gambar 4. Contoh Pembagian *Point* Pada Perhitungan *Point Counting*.

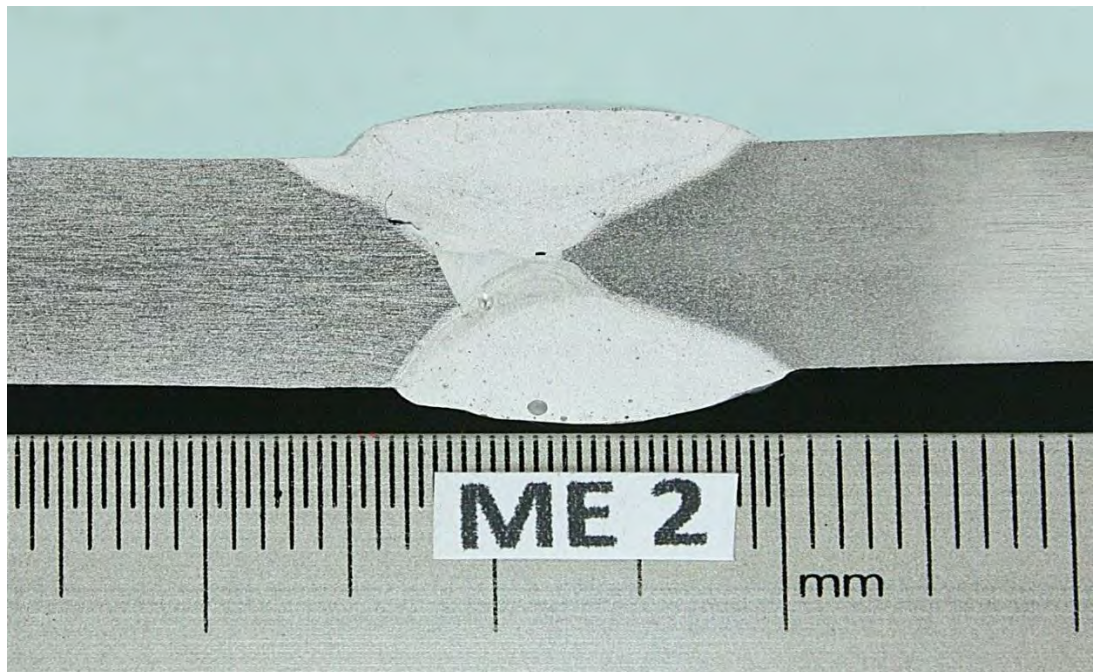
Tabel 1. Hasil Perhitungan *Point Counting*.

Daerah	Nama Spesimen	Mg ₂ Si (%)	Mg ₂ Al ₃ (%)	(Fe,Mn) ₃ SiAl ₁₂ (%)
HAZ	1 x pengelasan	3.25	2.25	7
	2 x pengelasan	3.5	3	9
	3 x pengelasan	3.75	3.25	6.25
	4 x pengelasan	4.25	2	5.25
WM	1 x pengelasan	4.5	22.25	4.25
	2 x pengelasan	4	18.5	3.75
	3 x pengelasan	3.5	12.5	3.25
	4 x pengelasan	3.75	7.25	2.5

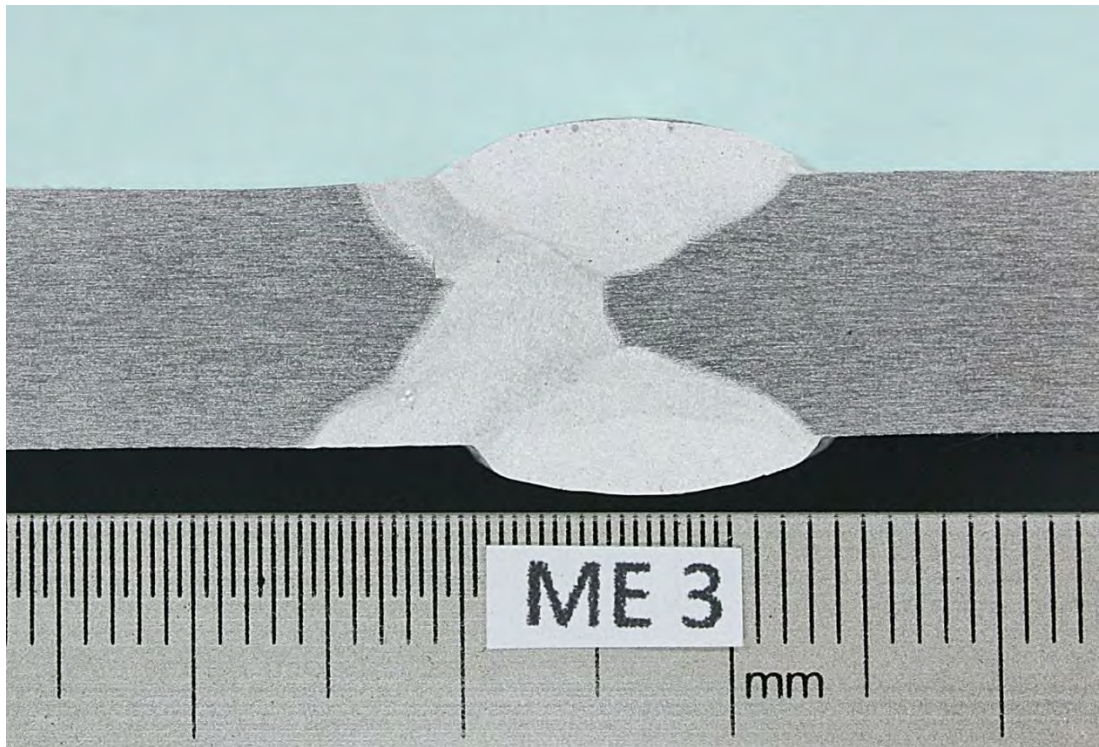
Foto Makro



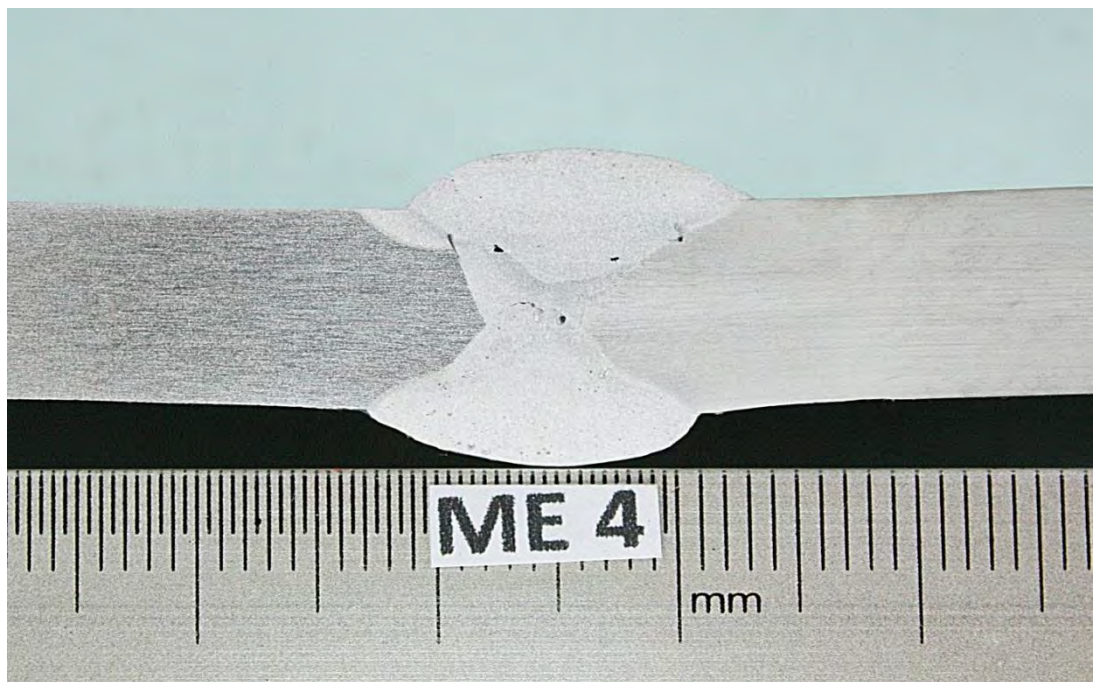
Gambar 5. Foto Makro Material Dengan 1 x Pengelasan.



Gambar 6. Foto Makro Material Dengan 2 x Pengelasan.

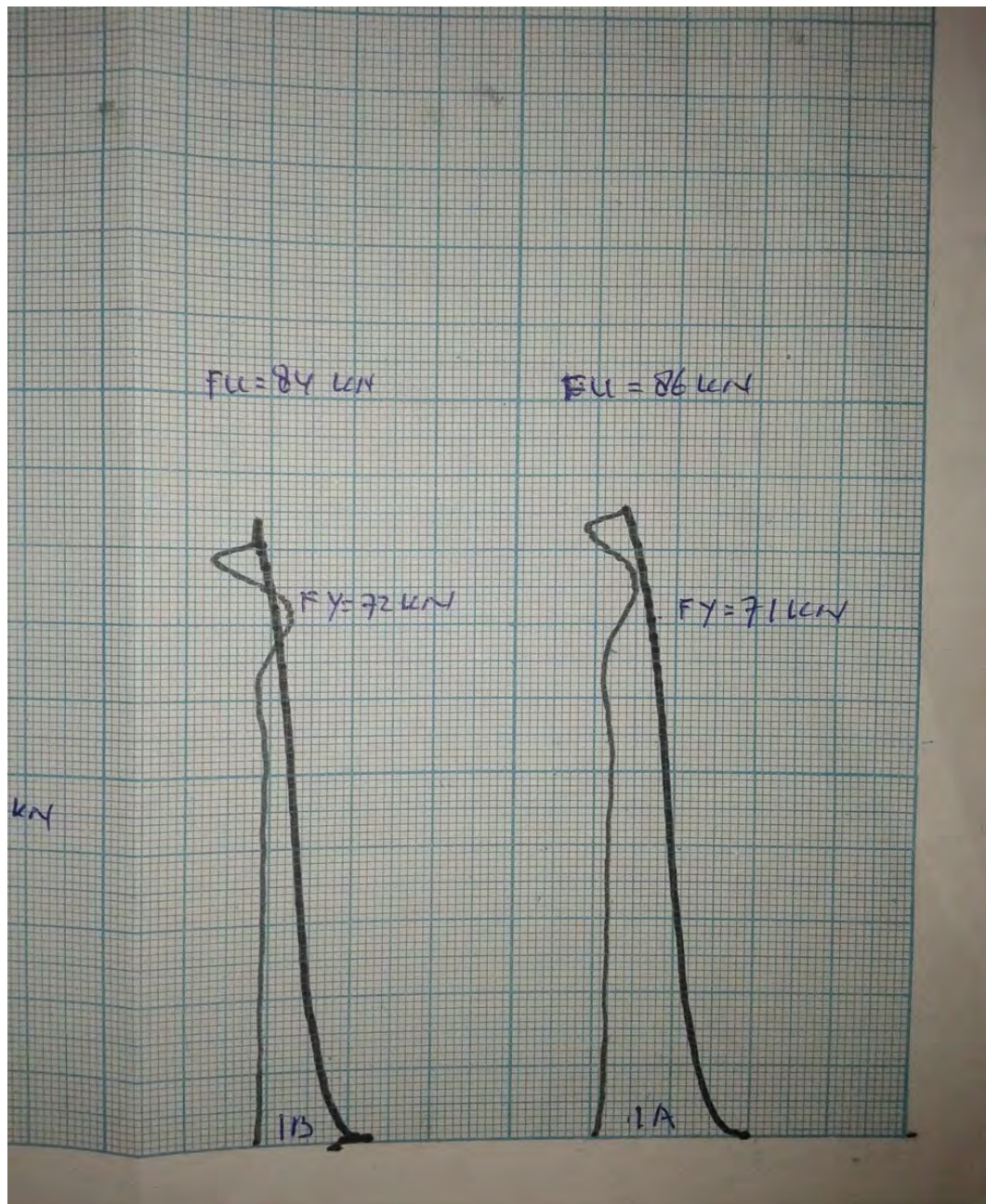


Gambar 7. Foto Makro Material Dengan 3 x Pengelasan.

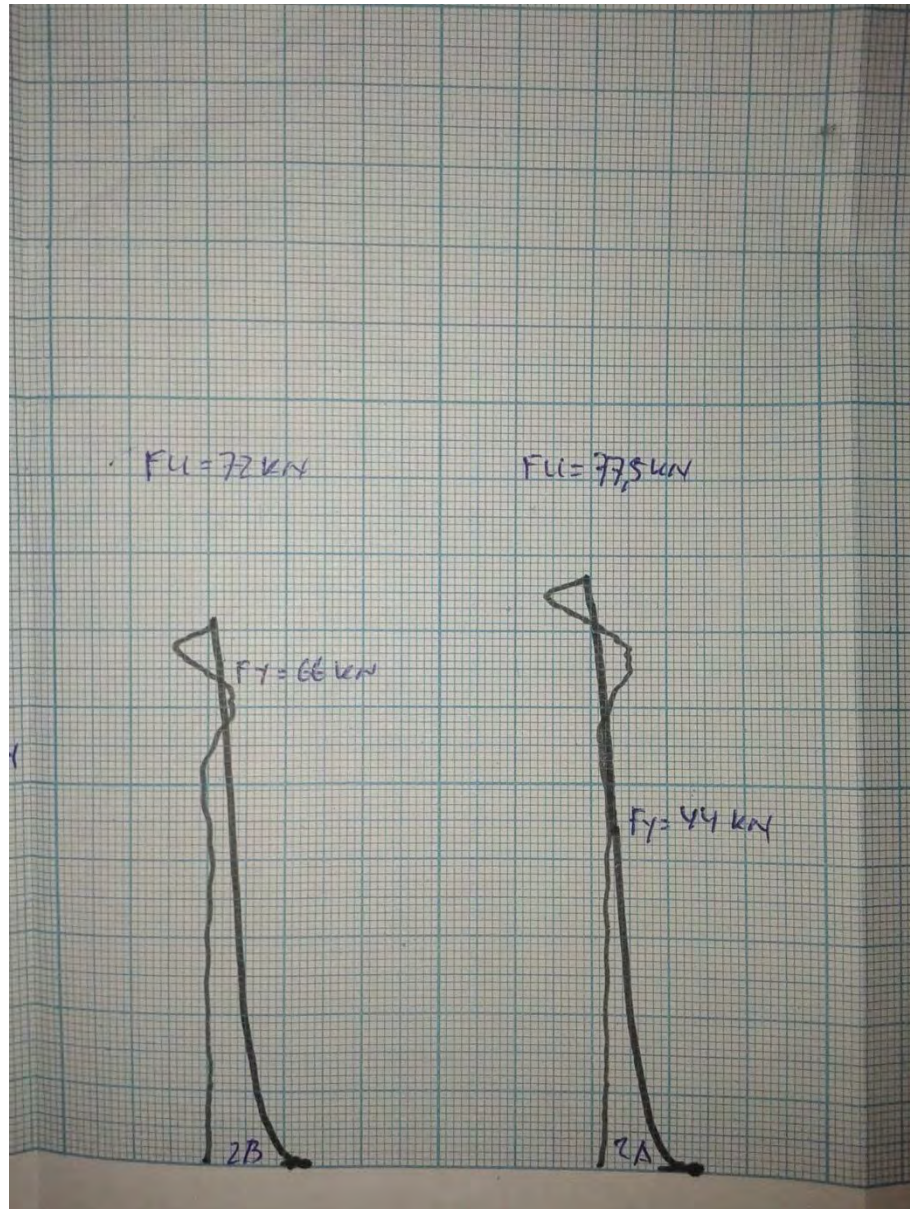


Gambar 8. Foto Makro Material Dengan 4 x Pengelasan.

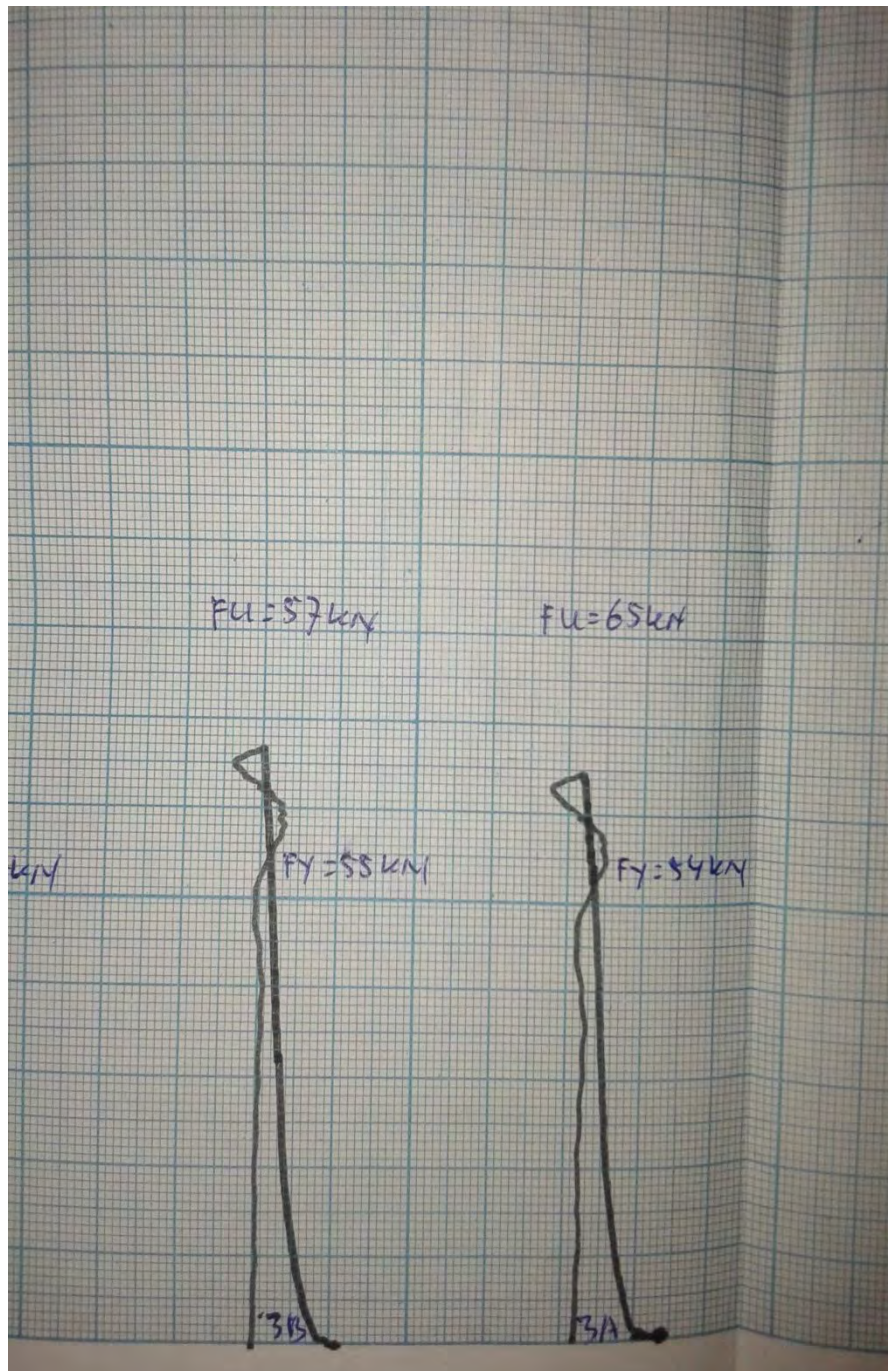
Uji Tarik



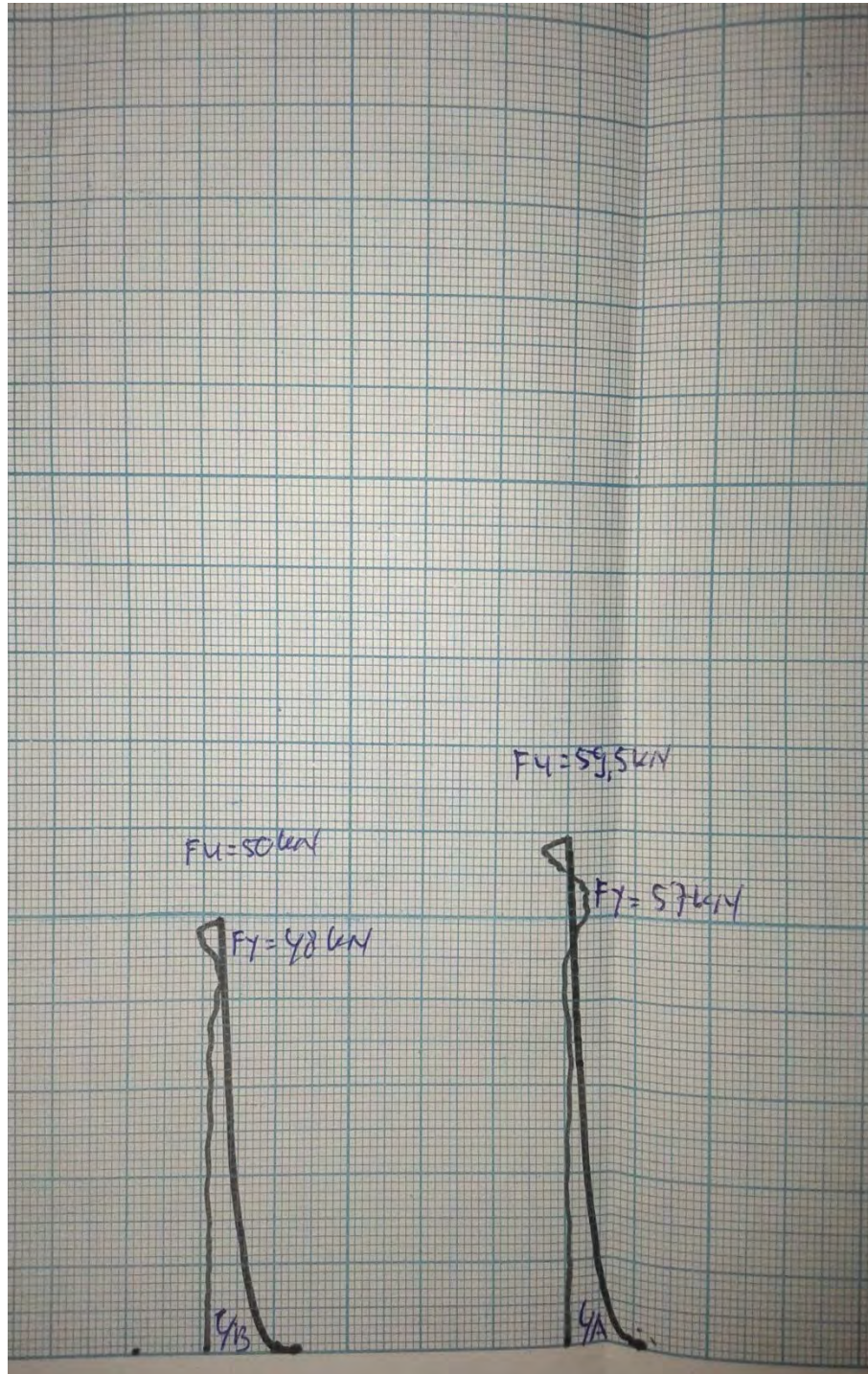
Gambar 9. Hasil Pengujian Tarik Material 1.



Gambar 10. Hasil Pengujian Tarik Material 2.



Gambar 11. Hasil Pengujian Tarik Material 3.



Gambar 12. Hasil Pengujian Tarik Material 4.

Biodata Penulis



Prasetyo Wibowo, lahir pada 9 November 1993 di Jakarta. Anak pertama dari dua bersaudara pasangan Pardi dan Elis Rosida merupakan sosok pemikir yang tidak terlalu banyak bicara. Setelah menempuh pendidikan formal di SDN Cipinang 03 pagi Jakarta, SMPN 158 Jakarta, SMAN 21 Jakarta, penulis melanjutkan pendidikannya di Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2011. Pada akhir masa pendidikannya, penulis mengambil tugas akhir dengan judul

“Analisis Pengaruh *Preheat* Atau Pemanasan Awal Terhadap Hasil Pengelasan Ulang Aluminium 5083 Ditinjau Dari Sifat Mekanik Dan Metalurgi Pada Lambung Kapal” dibawah bimbingan Wing Hendroprasetyo Akbar Putra, S.T., M.Eng. Dengan semangat dan motivasi tinggi, penulis akhirnya mampu menyelesaikan penulisan tugas akhir ini. Semoga penulisan tugas akhir ini mampu memberikan kontribusi positif bagi dunia pendidikan.

Data Pribadi Penulis :

Nama : Prasetyo Wibowo
Alamat : Jl. Cipinang Timur RT 009/ RW 011, No.37 Jakarta
Telp/HP : 081318992200
Email : Wibowoprasetyo14@yahoo.com